EL PESCADO FRESCO:
SU CALIDAD Y CAMBIOS DE CALIDAD

Colección FAO: Pesca *Nº 29*

El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad

Manual de capacitación
preparado por el
Programa de Capacitación FAO/DANIDA
en Tecnología Pesquera y Control de Calidad

por

Hans Henrik Huss
Laboratorio Tecnológico, Ministerio de Pescà
Universidad Técnica, Copenhague, Dinamarca

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION
ORGANISMO DANES DE FOMENTO INTERNACIONAL
Roma, 1988

Catalogación antes de la publicación de la Biblioteca David Lubin

Huss, H.H.
El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad.
Manual de capacitación preparado por el Programa de
Capacitación FAO/DANIDA en Tecnología Pesquera y Control de Calidad.
(Colección FAO: Pesca, N° 29)

1. Pescado fresco 2. Calidad 3. Aptitud para la conservación 4. Adulteración.
I. Título II. Serie

FAO código: 47 AGRIS: Q03 J14 M11 1988
ISBN 92-5-302395-3

Impreso en Italia

Prefacio

El manual *El pescado fresco: su calidad y cambios de calidad* está destinado principalmente a cursos de formación en tecnología de productos de la pesca. Su primera edición ha sido publicada en danés, en 1983, bajo el título *Fersk fisk - kvalitet og holdbarhed* y forma parte del material pedagógico empleado por el Laboratorio Tecnológico del Ministerio de Pesca, Universidad Técnica, Dinamarca.

La presente edición en español es una traducción de la versión inglesa que, a su vez, es en parte una traducción del danés, pero ha sido ampliada con datos sobre las pesquerías tropicales y especies tropicales. En esta forma, el presente manual se propone como un texto básico para los participantes en cursos de formación en tecnología de los productos de la pesca organizados por la FAO y financiados por el Organismo Danés de Fomento Internacional (DANIDA).

Una parte del material de este manual ha sido ya utilizado en algunos cursos FAO/DANIDA, y en el futuro será puesto al día regularmente para su mejor utilización.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación expresa su vivo reconocimiento a todos aquellos que han colaborado con el autor en la preparación de este manual.

Indice

1. Recursos acuáticos y su utilización

Más de las dos terceras partes de la superficie terrestre está cubierta por agua. Tan solo los océanos representan el 71 por ciento. Plantas minúsculas y microscópicas, el fitoplancton, son las productoras primarias de material orgánico usando la energía suministrada por el sol, como puede observarse en la Figura 1.1.

Esta enorme producción primaria es el primer eslabón en la cadena alimenticia y constituye la base para toda vida en el mar. Cuánto pescado de esta producción primaria resulta capturable, es un tema que ha sido objeto de muchas

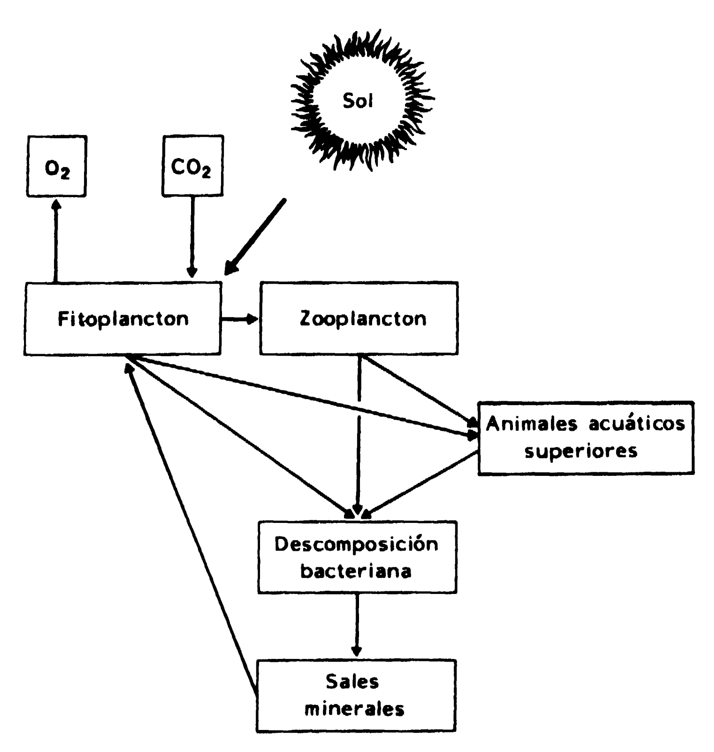


Figura 1.1. La producción acuática anual de material orgánico se estima en aproximadamente 40 000 millones de toneladas (Møller Christensen, 1968).

especulaciones teóricas. No obstante, existen grandes dificultades en la estimación de la eficiencia ecológica, por ejemplo, la relación de la producción total con cada nivel trófico sucesivo. Gulland (1971) comunica una variación del 10 al 25 por ciento pero propone el 25 por ciento como límite superior absoluto de la eficiencia ecológica. Muchos factores influencian la eficiencia ecológica; por ejemplo, no toda la producción de un nivel trófico es consumida por

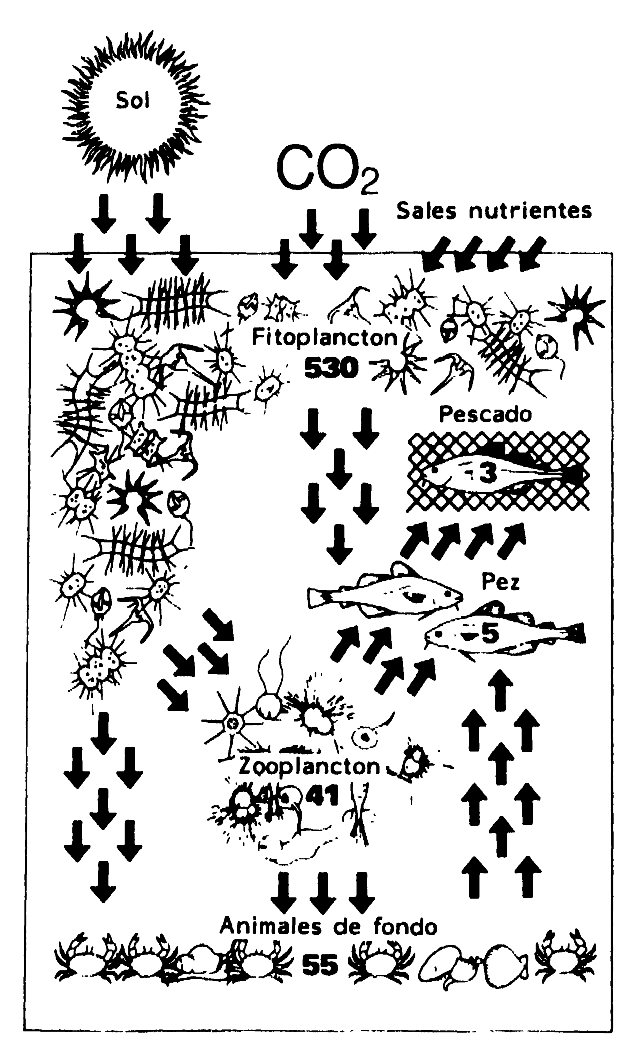


Figura 1.2. Producción anual (en millones de toneladas) en el Mar del Norte, una de las áreas de pesca más ricas del mundo.

el que le sigue, y además existe una variación de la eficiencia ecológica entre los distintos niveles, siendo mayor en los niveles inferiores de la cadena alimenticia donde los pequeños organismos utilizan el alimento ingerido en una mayor proporción para crecer, más que para su conservación. También influyen en la eficiencia ecológica las enfermedades, mortandad, polución, etc. En la Figura 1.2 se muestran como ejemplo las condiciones en el Mar del Norte, una de las áreas de pesca más ricas.

Dado que la producción es mayor en las primeras etapas de la cadena de alimentos, la pesca potencial es también mayor si la captura se efectúa en esas etapas. La pesca potencial puede en efecto incrementarse si las mejoras en el manipuleo de la captura, la tecnología y el mercadeo hacen factible la captura en los primeros niveles tróficos (véase el cuadro).

La captura mundial, estancada en los años 1970 en alrededor de 70 millones de toneladas, se ha incrementado ahora a 75 millones de toneladas (1984) incluyendo 9 millones de toneladas de recursos de agua dulce. Cerca del 70 por ciento de este valor se destina a alimento.

Fuentes de la FAO estiman que la captura convencional de especies de agua de mar podría incrementarse en 20-30 millones de toneladas, mucho de lo cual

Resumen de los recursos acuáticos globales actuales y potenciales

		Captura mundial en 1981 (millones de toneladas)					Incremento potencial de captura	
		Para consumo humano	Pérdidas post-captura	Uso indus-trial	Captura total desem-barcada	Descar-tado al mar	A corto plazo	A largo plazo
Convencionales								
Agua dulce		7,9	0,2		8,1		4,5	30[1]
Agua de mar:	demersales	13,5	1,5	7,0	22,0	4-5	5	
	pelágicos pequeños	15,6	3,2	14,6	33,4		5	15
	otros	3,1	0,1	+	3,2		2	
	mariscos	5,9	0,2		6,1		0,7	?[1]
No convencionales								
Cefalópodos		1,3	+	0,1	1,4		4	150+
Mesopelágicos (pez linterna)		?	+	+	+		+	100+
Eufásidos (krill)		+		0,4	0,4		+	50+
Algas marinas		1,8		1,2	3,0		8	?[1]
Total		**49,1**	**5,2**	**23,3**	**77,6**	**4-5**	**29,2**	**345**

Fuente: Whittle, 1984.
[1] La magnitud depende del cultivo.

(50 por ciento) depende del mejor aprovechamiento del recurso. Una reducción de las pérdidas en la post-captura y una recuperación y aprovechamiento de las especies acompañantes podría adicionar otros 10-20 millones de toneladas. No se conoce el potencial de cultivo de especies de agua dulce pero posiblemente podría llegar a 30 millones de toneladas en el futuro. De cualquier modo, para hacer frente a la demanda, es esencial reducir la proporción de capturas utilizadas para propósitos industriales y desarrollar recursos convencionales como los indicados en el cuadro. En la Figura 1.3 se muestra la utilización del pescado para consumo humano.

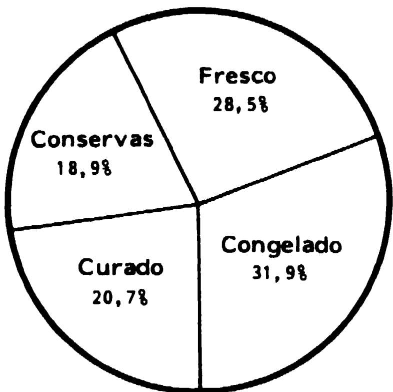


Figura 1.3. Uso del pescado como alimento, 1982 (James, 1984).

James (1984) estimó que cerca del 8 por ciento del pescado como alimento nunca llega al mercado; esto significa que, en 1982, 4,25 millones de toneladas de pescado se desecharon para este uso. Estas pérdidas post-captura resultan muy significativas en los sectores de pescado fresco y curado. Lo importante de todo esto es que se dispone de la tecnología necesaria para limitar y prevenir estas pérdidas, pero la misma necesita ser puesta en práctica, como señala también James (1984).

2. Clasificación, anatomía y fisiología del pescado

Clasificación

El pez es uno de los vertebrados más numerosos con 20 000 especies conocidas y probablemente muchas más no conocidas (Lagler *et al.*, 1977).

Por lo general, los peces se dividen en tres clases: Cephalaspidomorphi, peces no mandibulados como lampreas y anguilas; Chondrichthyes, peces cartilaginosos como los tiburones y rayas; y Osteichthyes, peces pulmonados y cualquier otro pez con estructura ósea, la cual incluye la mayor parte de las especies comercialmente importantes. Estas clases representan numerosos géneros, los cuales a su vez se subdividen en diferentes especies.

El uso de nombres comunes o locales crea a menudo confusión ya que la misma especie puede tener diferentes nombres en distintas regiones o, contrariamente, el mismo nombre es asignado a varias especies diferentes, a veces con diversas propiedades tecnológicas.

Por lo tanto, como punto de referencia debería darse el nombre científico, en cualquier tipo de publicación, o bien informar la especie en particular a la que hace referencia el nombre común. El nombre científico se escribe normalmente en letras itálicas (o subrayado). Para mayor información véase *List of Names of Fish and Shellfish,* CIEM, *Bulletin statistique*, vol. 49, septiembre 1966; *Fish Name in the Common Market,* Torry Advisory Note Nº 55; y *Multilingual Dictionary of Fish and Fish Products*, preparado por la OCDE y publicado por Fishing News Books Ltd, Reino Unido.

La clasificación de los peces en cartilaginosos y óseos (los peces no mandibulados son de menor importancia) resulta importante desde el punto de vista práctico y también por el hecho de que estos grupos de peces se deterioran en formas diferentes (Capítulo 4) y varían respecto a su composición química (Capítulo 3). Dejando de lado el aspecto taxonómico se hace referencia a estos grupos como teleósteos (peces óseos) y elasmobranquios (peces cartilaginosos).

Además, pueden también dividirse en especies grasas y magras, pero esta clasificación se basa puramente en algunas características tecnológicas.

Anatomía y fisiología

Esqueleto

Siendo un vertebrado, el pez tiene columna vertebral y cráneo cubriendo la masa cerebral. La columna vertebral se extiende desde la cabeza hasta la aleta caudal y está compuesta por segmentos (vértebras). Estas vértebras se prolongan dorsalmente para formar las espinas neurales y en la región del tronco tienen apófisis laterales que dan origen a las costillas (Figura 2.1). Estas costillas son estructuras cartilaginosas u óseas, en el tejido conectivo (miocomata) y ubicadas entre los segmentos musculares (miotomas) (véase también la Figura 2.2). Por lo general, hay también un número correspondiente de costillas falsas o « pin bones » ubicadas más o menos horizontalmente y hacia el interior del músculo. Estos huesos causan problemas importantes cuando el pescado se ha fileteado o ha sido preparado de otra manera para alimento.

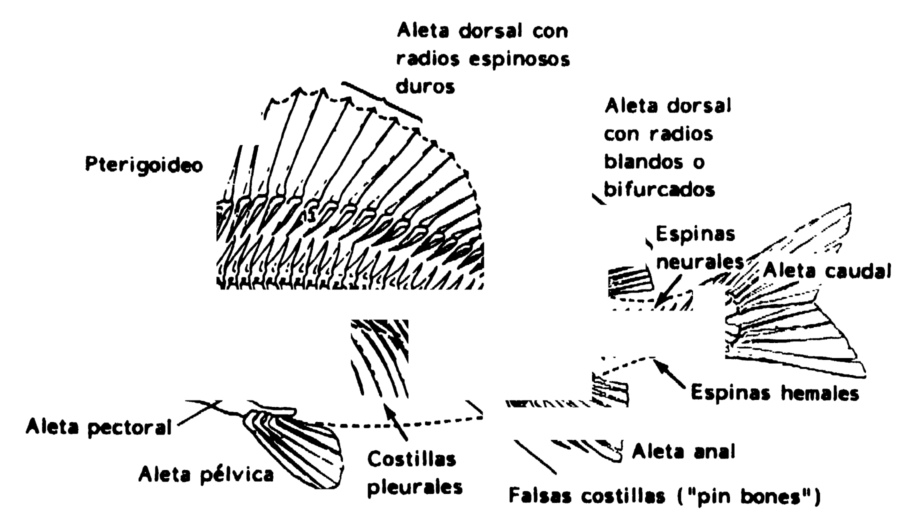


Figura 2.1. Esqueleto del pez (Eriksson y Johnson, 1979).

Anatomía del músculo y su función

La anatomía del músculo del pez es muy simple. Básicamente consiste en dos paquetes musculares sobre cada lado de la columna vertebral, cada uno de ellos nuevamente dividido en una masa muscular superior ubicada por encima

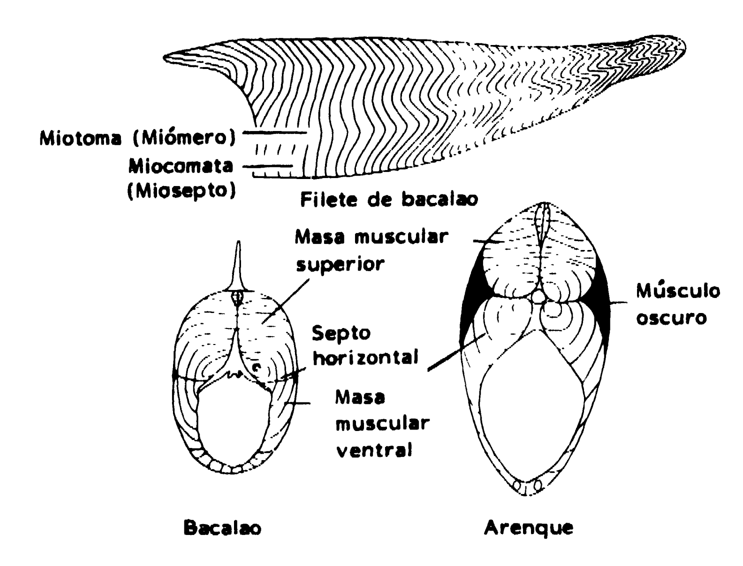


Figura 2.2. Musculatura esquelética del pez (Knorr, 1974)

del septo horizontal axial y en una masa muscular ventral ubicada por debajo de este septo. Las células musculares corren en dirección longitudinal separadas perpendicularmente por tabiques de tejido conectivo (miocomata). Los segmentos musculares situados entre estos tabiques de tejido conectivo se denominan miotomas. La célula muscular más larga se encuentra en el duodécimo miotoma contando desde la cabeza (Figura 2.2) y su longitud media es de alrededor de 10 mm para un bacalao de 60 cm de largo (Love, 1970). La longitud de las células, como así también el espesor de la miocomata, se incrementarán con la edad.

Con esta anatomía el tejido muscular del pez contiene comparativamente mucho menos tejido conectivo que el músculo de los mamíferos (Capítulo 3).

El tejido muscular del pez, como el de los mamíferos, está compuesto por músculo estriado. La unidad funcional, o sea la célula muscular, consta de sarcoplasma que contiene núcleo, granos de glucógeno, mitocondria, etc., y un número (hasta 1 000) de miofibrillas. La célula está envuelta por una cubierta de tejido conectivo denominada sarcolema. Las miofibrillas contienen proteínas contráctiles, actina y miosina. Estas proteínas o filamentos están ordenados en forma alternada muy característica, haciendo que el músculo parezca estriado en una observación microscópica (Figura 2.3).

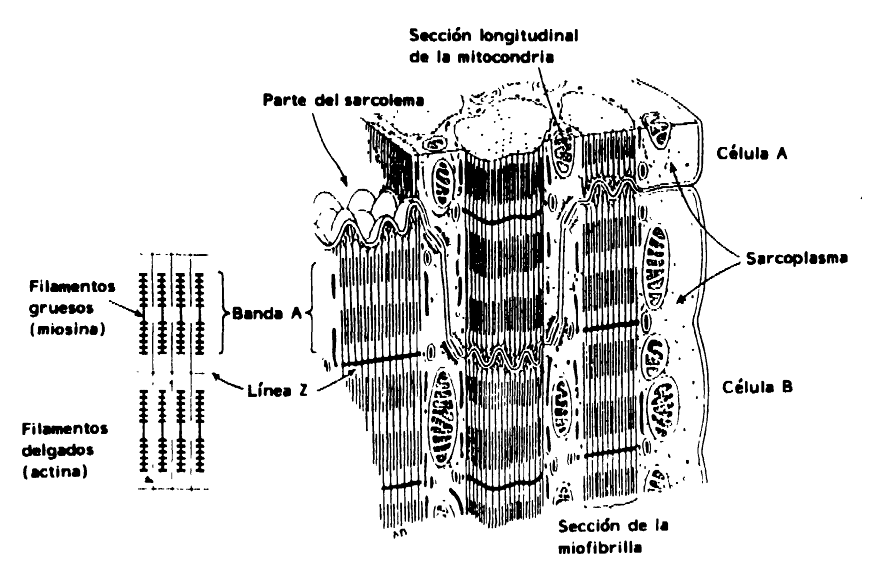


Figura 2.3. Sección de la célula muscular que muestra las diversas estructuras, incluidas las miofibrillas (Bell *et al.*, 1976).

Generalmente el tejido muscular del pez es blanco pero, dependiendo de la especie, muchos presentarán cierta cantidad de tejido oscuro de color marrón o rojizo. El músculo oscuro se localiza exactamente debajo de la piel a lo largo del cuerpo del animal y, en el caso de ciertas especies activas, también se lo encuentra como una banda cerca de la columna vertebral.

La proporción entre músculo oscuro y músculo blanco varía con la actividad del pez. En los pelágicos, es decir, especies como el arenque y la caballa, que nadan más o menos en forma continua, hasta el 48 por ciento de su peso puede estar constituido por músculo oscuro (Love, 1970). En el pescado demersal, o sea, especies que se alimentan en el fondo del mar y se mueven sólo periódicamente, la cantidad de músculo oscuro es muy pequeña.

Hay muchas diferencias en la composición química de los dos tipos de músculo, siendo una de las más notables el alto contenido de lípidos, hemoglobina, glucógeno y el mayor número de vitaminas presentes en el músculo oscuro. Desde el punto de vista tecnológico el alto contenido de lípidos de músculo oscuro resulta importante por los problemas asociados con la rancidez.

El color rojizo de la carne del salmón y la trucha, por ejemplo, no se origina a partir de la mioglobina sino que es debido a un carotenoide rojo, la astaxantina. La función de este pigmento no está claramente establecida y el pez no sintetiza astaxantina en niveles significativos. Por lo tanto el color de la carne

de estas especies depende de la ingestión a través de la dieta, de astaxantina o de pigmentos estrechamente relacionados con ella.

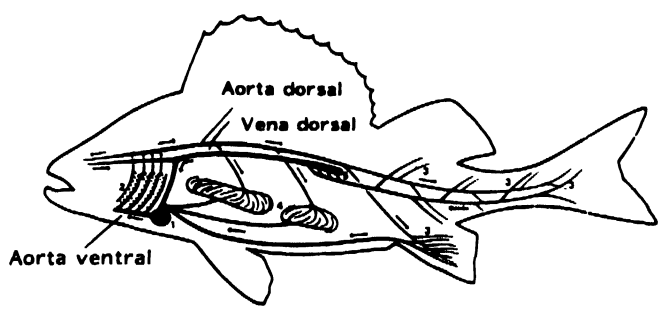
Los dos tipos de músculo tienen diferentes funciones. Es aceptado que el músculo oscuro funciona principalmente como un músculo de navegación, por ejemplo, para movimientos lentos y continuos, mientras que el músculo blanco es un músculo para los movimientos súbitos y rápidos necesarios para escapar del depredador o para capturar la presa.

La contracción muscular comienza cuando un impulso nervioso libera Ca^{++} del retículo sarcoplasmático y lo lleva a las miofibrillas. Cuando la concentración de Ca^{++} aumenta en las enzimas activas situadas en el filamento de la miosina, la enzima ATP-asa se activa. Esta ATP-asa degrada el ATP que se encuentra entre los filamentos de actina y miosina, con liberación de energía. La mayor parte de esta energía es utilizada como energía de contracción haciendo que los filamentos de actina se deslicen entre medio de los filamentos de miosina, a modo de enchufe, con lo cual la fibra muscular se contrae. Cuando la reacción se invierte (o sea, cuando el Ca^{++} es impulsado a su lugar de origen, la actividad contráctil de la ATP-asa se detiene y permite que los filamentos se deslicen pasivamente recuperando cada uno su estado inicial), el músculo se relaja. Varias sustancias están involucradas en el proceso; el ATP es una de las más importantes, desempeñándose como fuente de energía para la contracción y como regenerador de la elasticidad (en presencia de Mg^{++}) cuando el músculo está en estado relajado. En ausencia de ATP miofibrilar, los filamentos de actina y miosina quedan unidos (actiomiosina). Este estado de músculo rígido se presenta en el período post-mortem durante el *rigor mortis* (véase Capítulo 4).

Sistema cardiovascular

El sistema cardiovascular es de considerable interés para el tecnólogo pesquero ya que en algunas especies es importante desangrar el pescado (o sea, eliminar la mayor parte de la sangre) después de la captura.

El corazón del pez está diseñado para una circulación simple. En aquellos con estructura ósea consiste en dos cámaras consecutivas que bombean sangre venosa hacia las branquias, vía la aorta ventral. Después de airearse en las branquias, la sangre arterial es recogida en la aorta dorsal que corre exactamente debajo de la columna vertebral y desde aquí es dispersada en el interior de los diferentes tejidos por medio de los capilares. La sangre venosa retorna al corazón corriendo por venas de tamaño cada vez más grande (la mayor es la vena dorsal, que también se encuentra debajo de la columna vertebral). Todas las venas se juntan en un solo vaso sanguíneo antes de entrar al corazón.



1. El corazón bombea sangre hacia las branquias.
2. La sangre es aireada en las branquias.
3. La sangre arterial es dispersada dentro de los capilares, donde tiene lugar la transferencia de oxígeno y nutrientes al tejido circundante.
4. Los nutrientes del alimento ingerido son absorbidos del intestino y transportados al hígado y posteriormente dispersados en la sangre a lo largo de todo el cuerpo.
5. En los riñones la sangre es "purificada" y los productos de desecho son excretados por vía urinaria.

Figura 2.4. Circulación de la sangre en el pez (Eriksson y Johnson, 1979).

Durante la circulación de la sangre, la presión de la misma cae desde unos 30 mg Hg en la aorta ventral hasta 0 cuando entra en el corazón (Johansen, 1962 cf. Randall, 1970). La presión de la sangre, debida a la actividad bombeadora del corazón, disminuye apreciablemente después del pasaje de la sangre por las branquias. La contracción del músculo es importante en el bombeo de la sangre de regreso al corazón, impidiéndose el contraflujo por un sistema de válvulas apareadas que se encuentran dentro de las venas.

Evidentemente la simple circulación de la sangre en el pez es fundamentalmente diferente del sistema que presentan los mamíferos, donde la sangre pasa dos veces a través del corazón y es impulsada hacia el cuerpo a alta presión, debida a las contracciones del corazón.

En el pez el corazón no juega un papel importante en impulsar la sangre de regreso al corazón desde los capilares. Esto ha sido confirmado en un experimento en el que se analizó el efecto de diferentes procedimientos de desangrado sobre el color de filetes de bacalao. No se encontraron diferencias a

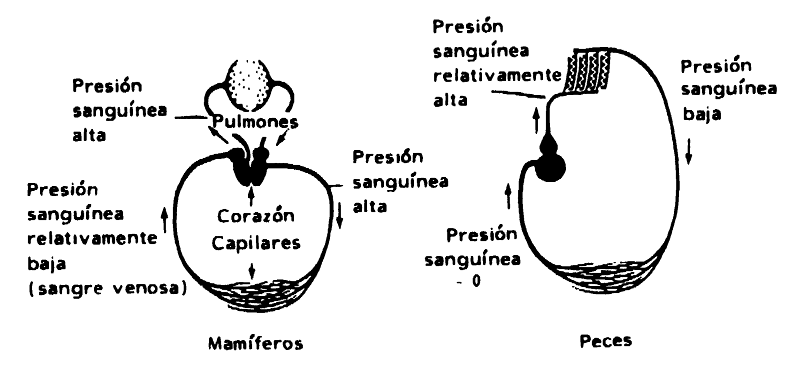


Figura 2.5. Circulación de la sangre en peces y mamíferos (Eriksson y Johnson, 1979).

pesar de las distintas técnicas de desangrado ya sea cortando delante o detrás del corazón, antes de eviscerar, o sin haber efectuado ningún tipo de corte. Se obtuvo el mejor desangrado cuando se empleó un corte profundo en la garganta (incluyendo la aorta dorsal) seguido inmediatamente por el eviscerado. Es de fundamental importancia cortar el pescado mientras está aún vivo o al menos en estado de pre-rigor ya que son las contracciones del músculo (en las que se incluye la contracción del rigor) las que fuerzan a la sangre a salir de los tejidos (Huss y Asenjo, 1977a). El volumen total de sangre en el pez fluctúa entre el 1,5 y el 3,0 por ciento del peso del mismo. La mayor parte está localizada en los órganos internos mientras que el tejido muscular, que constituye las dos terceras partes del peso del animal, sólo contiene un 20 por ciento del volumen de sangre. Esta distribución no cambia durante el movimiento del pez ya que el músculo blanco en particular no es muy vascularizado.

Otros órganos

Entre los otros órganos, sólo las huevas y el hígado juegan un papel importante como comestibles. Sus tamaños dependen de la especie y varían con el ciclo biológico, la alimentación y la estación del año. En el bacalao, el peso de las huevas varía desde un pequeño porcentaje hasta el 27 por ciento del peso del pescado y el peso del hígado oscila entre el 1 y el 4,5 por ciento. Además la composición puede cambiar y el contenido de grasa del hígado puede variar entre el 15 y el 75 por ciento, habiéndose encontrado el valor más alto en la época de otoño (Jangaard *et al.*, 1967).

Crecimiento y reproducción

Durante el crecimiento, aumenta el tamaño de cada célula muscular en vez de su número. También la proporción de tejido conectivo se incrementa con la edad.

La mayor parte de los peces llegan a su madurez sexual cuando han alcanzado cierto tamaño lo que es característico de las especies y no directamente correlacionable con la edad. En general este tamaño crítico se alcanza antes en los machos que en las hembras. Como la velocidad de crecimiento disminuye una vez que el pescado alcanza su madurez, a menudo resulta una ventaja económica criar hembras en acuicultura.

Durante todo el año el pez sexualmente maduro gasta energía en el fortalecimiento de sus gónadas (huevas y esperma). Este desarrollo gonadal provoca el agotamiento de las reservas de proteínas y lípidos ya que esto ocurre durante el período de alimentación escasa o nula (Figura 2.6). Para el bacalao del Mar

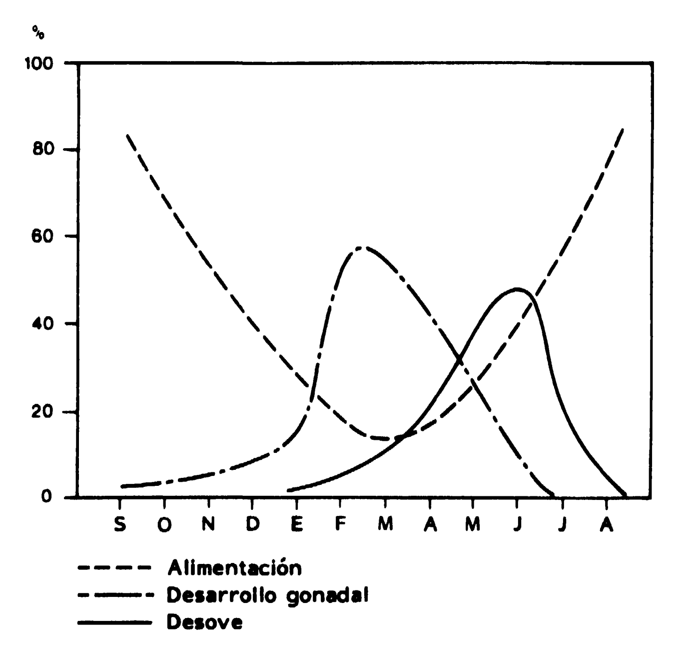


Figura 2.6. Relación entre el ciclo alimenticio (porcentaje de muestras con estómagos llenos) y el ciclo reproductivo (desarrollo gonadal), porcentaje de pescados con madurez gonadal (desove, porcentaje de pescado maduro) del eglefino (*Melanogrammus aeglefinus*). Debe notarse que el desarrollo de las gónadas ocurre cuando el pez está hambriento (Hoar, 1957).

del Norte se encontró que, antes del desove, el contenido de agua en el músculo aumenta (Figura 2.7) mientras que el contenido de proteínas disminuye. En casos extremos, el contenido de agua de un bacalao muy grande puede llegar a ser, antes del desove, el 87,2 por ciento de su peso (Love, 1970).

La extensión del período de desove varía mucho entre las diferentes especies. La mayor parte de ellas tienen una marcada periodicidad estacional (Figura 2.6) mientras que algunas presentan los ovarios maduros casi todo el año.

El agotamiento de las reservas del pez durante el desarrollo gonadal puede ser muy grave, especialmente en los casos en que la reproducción se combina con la migración hacia áreas de alimentación. Algunas especies, como por ejemplo el salmón del Pacífico (*Oncorhyncus* sp.), la anguila (*Anguilla anguilla*) y otras, migran sólo una vez, después de lo cual su estado fisiológico es tal que las lleva a la muerte. Esto es debido en parte a que dichas especies no comen durante la migración; tal es el caso del salmón, por ejemplo, que pierde durante la migración y reproducción hasta el 92 por ciento de sus lípidos, el 72 por ciento de sus proteínas y el 63 por ciento de su contenido de cenizas (Love, 1970).

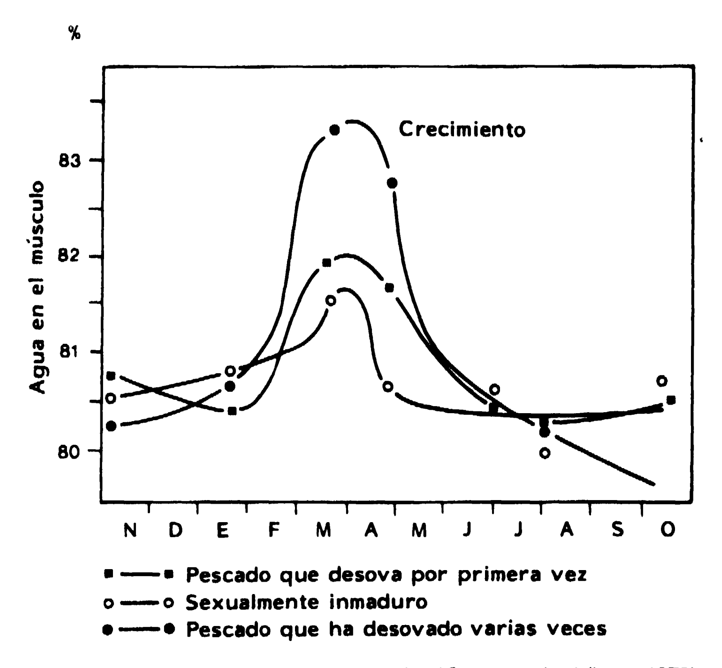


Figura 2.7. Contenido de agua en el músculo de bacalao (*Gadus morhua*) (Love, 1970).

Contrariamente a esto, otras especies de peces son capaces de recuperarse de esta pérdida después del desove por varios años. El bacalao del Mar del Norte vive cerca de ocho años antes que el desove sea causa de su muerte, y otras especies pueden vivir mucho más (Cushing, 1975). En otros tiempos era usual encontrar arenques (*Clupea harengus*) de 25 años de edad en el Mar de Noruega, y solla (*Pleuronectes platessa*) de hasta 35 años. Uno de los peces más viejos encontrados ha sido un esturión del Lago Winerebajo, en Wisconsin. De acuerdo al número de anillos en los otolitos su edad sobrepasaba los 100 años.

3. Composición química

Principales componentes

La composición química de los peces varía considerablemente entre las diferentes especies y también entre individuos de una misma especie, dependiendo de la edad, sexo, medio ambiente y estación del año.

Los principales componentes de los peces y de los mamíferos son los mismos. En el Cuadro 3.1 se ilustran las diferencias entre ellos.

Las variaciones en la composición química del pez están estrechamente relacionadas con la alimentación. Durante los períodos de intensa alimentación el contenido de proteínas del músculo aumenta al principio muy levemente, y luego el contenido de lípidos muestra un marcado y rápido aumento. El pez tiene períodos de inanición por razones naturales o fisiológicas (como desove o migración) o bien por factores externos como la escasez de alimento. En este caso, especies que se alimentan de plancton, como el arenque, experimentarán una variación estacional natural ya que la producción de plancton depende de la estación.

La fracción lipídica es el componente que muestra la mayor variación. A menudo, dentro de ciertas especies la variación presenta una curva estacional característica con un mínimo cuando se acerca la época de desove. La Figura 3.1 muestra la variación característica del arenque del Mar del Norte (3.1a) y de la caballa (3.1b).

CUADRO 3.1. **Principales componentes (porcentaje) del músculo de pescado y de vacuno**

Componente	Pescado (filete) Mín.	Variación normal	Máx.	Carne vacuna (músculo aislado)
Proteínas	6	16 -21	28	20
Lípidos	0,1	0,2-25	67	3
Hidratos de carbono		< 0,5		1
Cenizas	0,4	1,2- 1,5	1,5	1
Agua	28	66 -81	96	75

Fuente: Stansby, 1962; Love, 1970; Bendall, 1962.

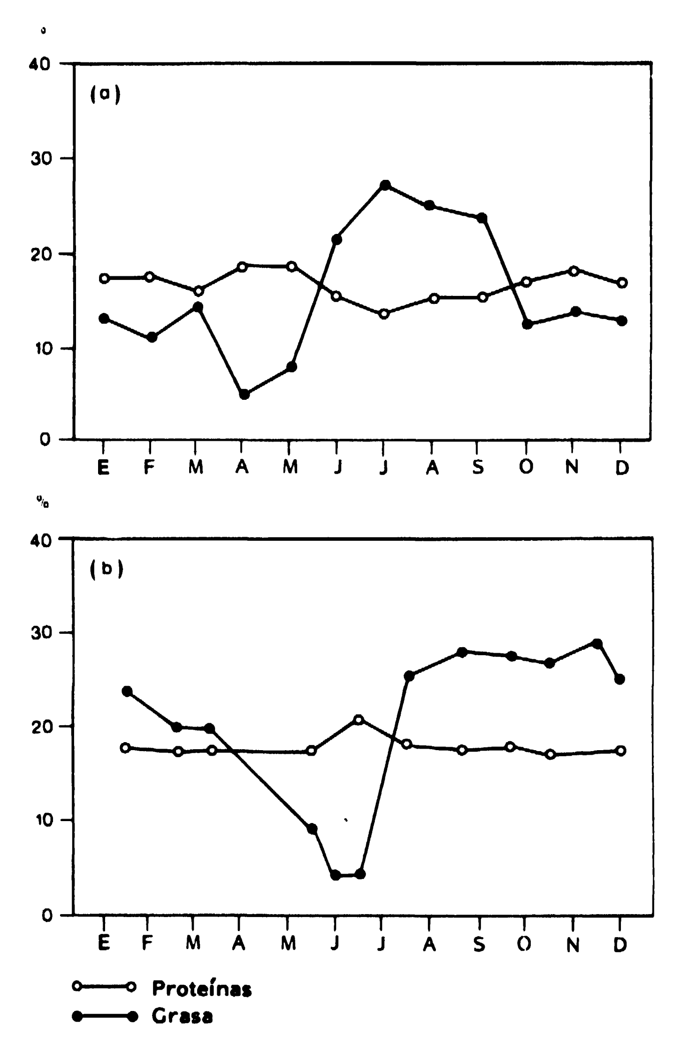


Figura 3.1. Variación estacional de la composición química de: (a) arenque (*Clupea harengus*), y (b) filetes de caballa (*Scomber scombrus*). Cada punto es el valor medio de ocho filetes.

Sin embargo, algunas especies tropicales presentan una marcada variación estacional en la composición química. El sábalo del oeste africano (*Ethmalosa dorsalis*) muestra una variación en el contenido de grasa de 2-7 (peso húmedo) durante el año, con un máximo en el mes de julio (Watts, 1957). La corvina

(*Micropogon furnieri*) y el « pescada-foguete » (*Marodon ancylodon*) capturados en la costa brasileña tuvieron contenidos de grasa de 0,2-8,7 por ciento y 0,1-5,4 por ciento respectivamente (Ito y Watanabe, 1968). Se observó también que el contenido de grasa de estas especies varía con el tamaño, así los peces grandes contienen cerca de un 1 por ciento más de grasa que los pequeños. Watanabe (1971) analizó pescado de agua dulce de Zambia y encontró una variación entre el 0,1 y el 5,0 por ciento en el contenido de grasa de cuatro especies, incluyendo las pelágicas y las demersales.

La variación en el porcentaje de grasa se refleja en el porcentaje de agua ya que grasa y agua constituyen normalmente cerca del 80 por ciento del filete.

Las características tecnológicas del pescado se ven afectadas principalmente por el contenido de lípidos y por tal razón es conveniente clasificar a los peces como especies grasas (p.ej., arenque, caballa, atún y espadín), semi-grasas (p.ej., barracuda, lisa y tiburón) o magras (p.ej., bacalao, merluza y solla). Las especies magras almacenan la mayor parte de su grasa en el hígado. En el Cuadro 3.2 se muestran algunas variaciones en la composición porcentual de diferentes especies de peces.

CUADRO 3.2. **Composición química de filetes de pescado de varias especies**

Especie	Nombre científico	Agua (%)	Lípidos (%)	Proteínas (%)	Energía (kJ/100 g)
Bacaladilla	*Micromesistius poutassou*	79-80	1,9- 3,0	13,8-15,9	314-388
Bacalao	*Gadus morhua*	78-83	0,1- 0,9	15,0-19,0	295-332
Anguila	*Anguilla anguilla*	60-71	8,0-31,0	14,4	
Arenque	*Clupea harengus*	60-80	0,4-22,0	16,0-19,0	
Solla	*Pleuronectes platessa*	81	1,1- 3,6	15,7-17,8	332-452
Salmón	*Salmo salar*	67-77	0,3-14,0	21,5	
Trucha	*Salmo trutta*	70-79	1,2-10,8	18,8-19,1	
Atún	*Thunnus* sp.	71	4,1	25,2	581
Cigala	*Nephrops norvegicus*	77	0,6- 2,0	19,5	369

Fuente: Murray and Burt, 1969.

Lípidos

Cuando el contenido de lípidos en el pez excede el 1 por ciento éstos constituyen una reserva de energía y pueden ser clasificados como depósitos grasos. Estos depósitos grasos están mayormente localizados en el tejido subcutáneo,

en la pared abdominal, en el colágeno entre las fibras musculares tanto en músculo blanco como oscuro, y en la cabeza. Sin embargo, debe señalarse que al respecto también se han encontrado marcadas diferencias entre las especies de peces, como se ilustra en la Figura 3.2.

En la mayoría de las especies los depósitos grasos consisten en triglicéridos, como en casi todos los vertebrados. Sin embargo, en algunas especies estos triglicéridos se encuentran junto con otro tipo de lípidos o reemplazados por ellos. En peces cartilaginosos, como el tiburón, una cantidad significativa de la grasa puede estar constituida por éteres diacil alquil gliceril o por el hidrocarburo escualeno.

Los lípidos de los peces difieren de los lípidos de los mamíferos. La principal diferencia es que están compuestos por ácidos grasos de cadena larga (14-22 átomos de carbono) con un alto grado de insaturación. Los ácidos grasos en mamíferos raramente contienen más de dos dobles ligaduras por molécula

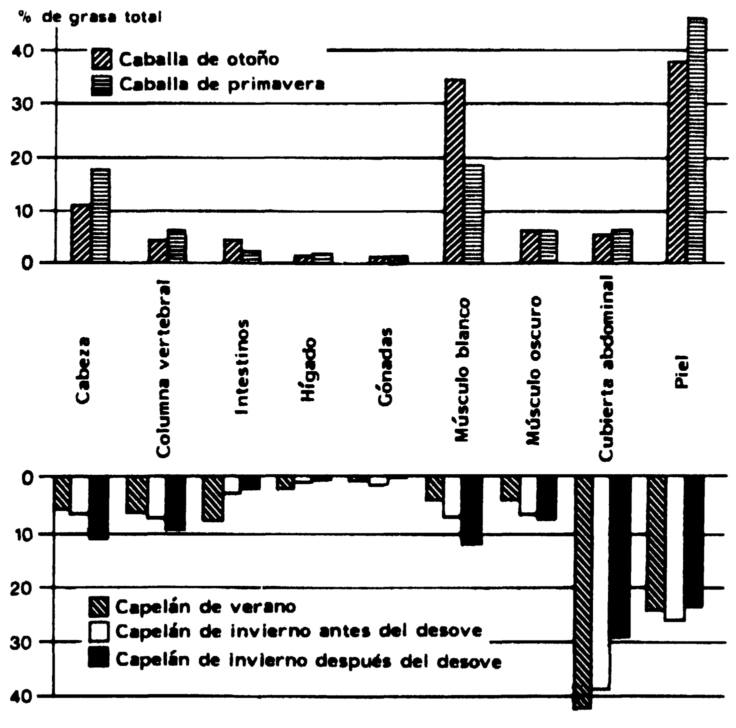


Figura 3.2. Distribución de la grasa total en distintas partes del cuerpo de la caballa (parte superior del gráfico) y del capelán (parte inferior) de origen noruego (Lohne, 1976).

mientras que los depósitos grasos del pez contienen muchos ácidos grasos con cinco o seis dobles ligaduras (Stansby y Hall, 1967).

El número total de ácidos grasos poliinsaturados con cuatro, cinco o seis dobles ligaduras es levemente menor en los lípidos de peces de agua dulce (aproximadamente 70 por ciento) que en los lípidos de peces de agua de mar (aproximadamente 88 por ciento) (Stansby y Hall, 1967). Sin embargo, la composición de lípidos no es completamente fija sino que puede variar un poco con la alimentación del animal.

Desde el punto de vista nutricional del ser humano, algunos ácidos como el linoleico y linolénico se consideran esenciales pues no son sintetizados por el organismo. En los peces estos ácidos grasos solamente constituyen alrededor del 2 por ciento del total de lípidos, un porcentaje pequeño comparado con muchos aceites vegetales. Sin embargo, los aceites de pescado contienen otros ácidos grasos poliinsaturados que pueden curar las enfermedades de la piel del mismo modo que el ácido linoleico y el ácido araquidónico. Como miembros de la familia del ácido linolénico (primer doble ligadura en la tercera posición, ω-3, contando desde el grupo metilo terminal), también favorecen el crecimiento en los niños. El ácido graso eicosapentaenoico (c20:5ω3) ha sido objeto recientemente de considerable atención por parte de algunos científicos dinamarqueses, que encontraron este ácido en la sangre y régimen alimenticio de un grupo de esquimales de Groenlandia virtualmente libres de ateroesclerosis. Investigadores ingleses han documentado que el ácido eicosapentaenoico es un factor antitrombótico extremadamente potente.

Una pequeña parte de los lípidos (menos del 1 por ciento del músculo del pez) sirven como partes estructurales esenciales de la célula. Los fosfolípidos son lípidos típicos no localizados en los llamados depósitos grasos, y son grasas que contienen fósforo y nitrógeno. Generalmente estos lípidos no funcionan como una reserva de energía; sin embargo, en peces de carne blanca como el bacalao, que no presenta depósitos grasos en el tejido muscular, algunos pueden ser utilizados durante períodos de inanición largos (Love, 1980).

Investigadores japoneses demostraron que los fosfolípidos no se distribuyen uniformemente en el tejido con músculo oscuro, que es particularmente rico en estos compuestos. Un alto porcentaje de los ácidos grasos de los fosfolípidos son también ácidos poliinsaturados de cadena larga, con cinco o seis dobles ligaduras. En la mayor parte de las especies de peces los fosfolípidos constituyen aproximadamente el 0,5-1 por ciento del tejido muscular.

El principal esterol del músculo de los peces es el colesterol, que se ha encontrado en cantidades bastante inferiores a 100 mg/100 g, es decir, no mucho más de la cantidad que se encuentra en el músculo de mamíferos. Ackman (1980) y Malins y Wekell (1970) han efectuado excelentes recopilaciones sobre lípidos de peces.

Proteínas

Las proteínas del músculo del pez se pueden dividir en tres grupos:

1. Proteínas estructurales (actina, miosina, tropomiosina y actomiosina), que constituyen el 70-80 por ciento del contenido total de proteínas (comparado con el 40 por ciento en mamíferos). Estas proteínas son solubles en soluciones salinas neutras de alta fuerza iónica (≥ 0,5 M).
2. Proteínas sarcoplasmáticas (mioalbúmina, globulina y enzimas), que son solubles en soluciones salinas neutras de baja fuerza iónica (< 0,15 M). Esta fracción constituye el 25-30 por ciento del total de proteínas.
3. Proteínas del tejido conectivo (colágeno), que constituyen aproximadamente el 3 por ciento del total de proteínas en teleósteos y cerca del 10 por ciento con elasmobranquios (comparado con el 17 por ciento en mamíferos).

El punto isoeléctrico de las proteínas del pescado es un pH de alrededor de 4,5-5,5. A este pH las proteínas son eléctricamente neutras y son menos hidrófilas que en el estado ionizado, lo que significa que su capacidad de retener agua y su solubilidad están en un mínimo. Si el pH es mayor o menor que el del punto isoeléctrico, la solubilidad aumentará (Figura 3.3).

Las proteínas de los peces contienen todos los aminoácidos esenciales y, al igual que las proteínas de la leche, del huevo y de la carne de mamíferos, tienen un valor biológico muy alto (Cuadro 3.3).

Los granos de cereales tienen generalmente bajos contenidos de lisina y/o aminoácidos que contienen azufre (metionina y cisteína), por lo que el pescado resulta entonces una excelente fuente de estos aminoácidos. En regímenes alimenticios basados principalmente en cereales, un suplemento de pescado puede aumentar significativamente el valor biológico.

Compuestos extractables que contienen nitrógeno

Los compuestos extractables que contienen nitrógeno pueden definirse como compuestos de naturaleza no proteica, solubles en agua, de bajo peso molecular y que contienen nitrógeno. Esta fracción NNP (nitrógeno no proteico) constituye en los teleósteos un 9-18 por ciento del nitrógeno total.

Los principales componentes de esta fracción son: bases volátiles como el amoníaco y el óxido de trimetilamina (OTMA), creatina, aminoácidos libres, nucleótidos y bases purínicas y, en el caso de peces cartilaginosos, urea.

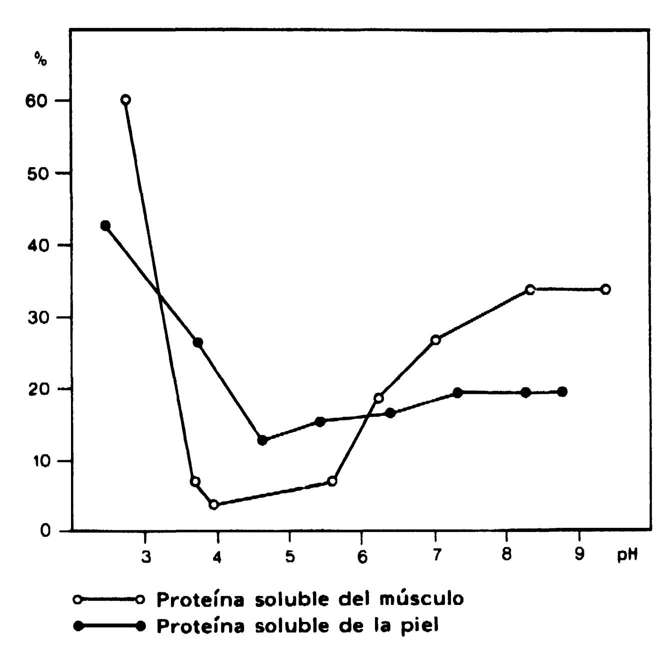


Figura 3.3. Proteínas solubles del músculo y de la piel a diferentes valores de pH después de incubación por 20 horas a 8°C (Gildberg y Raa, 1979).

CUADRO 3.3. **Aminoácidos esenciales (porcentaje) de diferentes proteínas**

Aminoácido	**Pescado**	**Leche**	**Carne vacuna**	**Huevo**
Lisina	8,8	8,1	9,3	6,8
Triptófano	1,0	1,6	1,1	1,9
Histidina	2,0	2,6	3,8	2,2
Fenilalanina	3,9	5,3	4,5	5,4
Leucina	8,4	10,2	8,2	8,4
Isoleucina	6,0	7,2	5,2	7,1
Treonina	4,6	4,4	4,2	5,5
Metionina-cisteína	4,0	4,3	2,9	3,3
Valina	6,0	7,6	5,0	8,1

Fuente: Braekkan, 1976; Moustgard, 1957.

En el Cuadro 3.4 se indican los componentes de la fracción NNP de algunas especies de peces, de la carne de ave y de la carne de mamíferos.

En la Figura 3.4 se muestra la distribución de los diferentes compuestos en la fracción NNP para peces de agua dulce y de agua de mar. Debe señalarse que la composición varía no sólo entre especies diferentes sino también dentro de la misma especie, dependiendo de la talla, estación del año, muestra de músculo, etc.

El OTMA constituye una parte característica e importante de la fracción NNP en las especies de agua de mar, y merece por lo tanto una mención más amplia. Este compuesto se encuentra en todas las especies de peces de agua de mar en cantidades del 1 al 7 por ciento del tejido muscular (peso seco), pero virtualmente no se encuentra en especies de agua dulce y en organismos terrestres. Aunque se han efectuado muchos trabajos con objetivos dirigidos al origen y al papel del OTMA, hay todavía mucho por esclarecer. Strøm (1979) ha demostrado que el OTMA se forma por biosíntesis en ciertas especies del zooplancton. Estos organismos poseen una enzima (TMA monooxigenasa) que oxida la TMA a OTMA. La TMA comúnmente se encuentra en plantas mari-

CUADRO 3.4. **Principales diferencias en las sustancias extractables del músculo**

Compuesto en mg/100 g peso húmedo [1]	Peces			Crustáceos	Aves de corral	Músculo de mamíferos
	Bacalao	Arenque	Tiburón sp.	Bogavante	Músculo de la pata	
1) Total de extractables	1 200	1 200	3 000	5 500	1 200	3 500
2) Aminoácidos libres totales	75	300	100	3 000	440	350
Arginina	<10	<10	<10	750	<20	<10
Glicina	20	20	20	100-1 000	<20	<10
Acido glutámico	<10	<10	<10	270	55	36
Histidina	<1,0	86	<1,0	—	<10	<10
Prolina	<1,0	<1,0	<1,0	750	<10	<10
3) Creatina	400	400	300	0	—	550
4) Betaína	0	0	150	100	—	—
5) Oxido de trimetilamina	350	250	500-1 000	100	0	0
6) Anserina	150	0	0	0	280	150
7) Carnosina	0	0	0	0	180	200
8) Urea	0	0	2 000	—	—	35

Fuente: Shewan, 1974.
[1] En este cuadro, la unidad hace referencia al peso molecular total del compuesto.

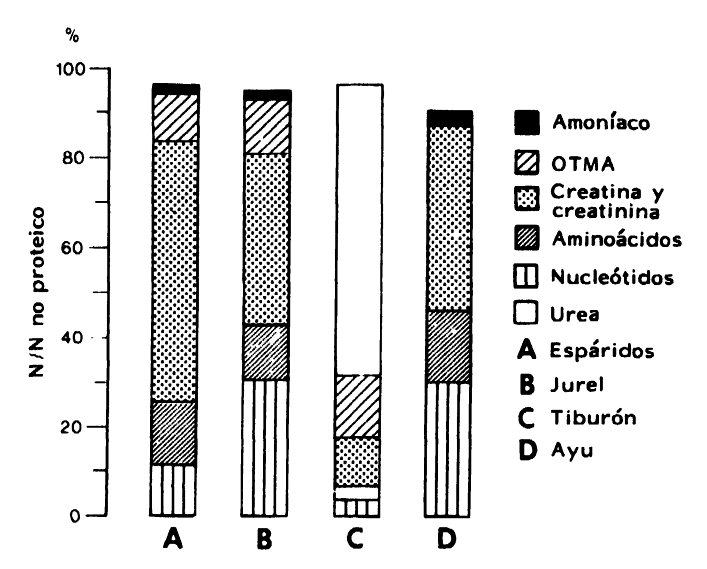


Figura 3.4. Distribución del nitrógeno no proteico en el músculo del pez: dos especies con estructura ósea de agua de mar (A, B), un elasmobranquio (C) y una especie de agua dulce (D) (Konosu y Yamaguchi, 1982; Suyama, 1977).

nas, así como también otras aminas metiladas (monometilamina y dimetilamina). El pez que se alimenta de plancton puede obtener OTMA de su alimentación (origen exógeno). Belinski (1964) y Agustsson y Strøm (1981) han demostrado que algunas especies de peces son capaces de sintetizar OTMA de TMA, pero esta síntesis se considera de menor importancia.

El sistema TMA-oxidasa se encuentra en los microsomas de las células y es NADPH dependiente:

$$(CH_3)_3\,N + NADPH + H^+ + O_2 \rightarrow (CH_3)_3\,NO + NADP^+ + H_2O$$

Es algo dudoso que esta monooxigenasa pueda ser tan extensamente encontrada en mamíferos (en los que se cree que funciona como desintoxicante), si bien la mayoría de los peces tienen una baja, o no detectable, actividad de esta enzima.

En un estudio japonés (Kawabata, 1953) se señala que hay un sistema OTMA-reductor presente en el músculo de ciertas especies pelágicas.

La cantidad de OTMA en el tejido muscular depende de la especie, estación del año, área de pesca, etc. En general las mayores cantidades se encuentran en elasmobranquios y calamares (75-250 mg N/100 g), el bacalao tiene algo menos (60-120 mg N/100 g) y los peces planos y pelágicos tienen el mínimo.

Una recopilación extensa de datos fue hecha por Hebard *et al.* (1982). De acuerdo con Tokunaga (1970), los peces pelágicos (sardinas, atún, caballa) tienen su mayor concentración de OTMA en el músculo oscuro mientras que los demersales, peces de carne blanca, tienen el más alto contenido en el músculo blanco.

En los elasmobranquios el OTMA parece jugar un papel en la osmorregulación y ha sido demostrado que el pasaje de rayas por una mezcla de agua dulce y agua de mar (1:1) resultaría en una reducción del OTMA intracelular del orden del 50 por ciento. En los teleósteos el papel del OTMA es más incierto.

Se han propuesto varias hipótesis respecto del rol del OTMA, a saber:

1. El OTMA es esencialmente un residuo, la forma desintoxicada de la TMA.
2. El OTMA es un osmorregulador.
3. El OTMA tiene funciones « anti-congelantes ».
4. El OTMA no tiene una función significativa. Se acumula en el músculo cuando el pez come alimentos que contienen OTMA.

Según Strøm (1984), actualmente se acepta el papel osmorregulador del OTMA.

Cuantitativamente, el principal componente de la fracción NNP es la creatina. Cuando el pez está quieto, la mayor parte de la creatina es fosforilada y proporciona energía para la contracción muscular.

La fracción NNP contiene también una cierta cantidad de aminoácidos libres. Estos constituyen en la caballa (*Scomber scombrus*) 630 mg/100 g de músculo blanco, en el arenque (*Clupea harengus*) 350-420 mg/100 g y en el capelán (*Mallotus villosus*) 310-370 mg/100 g. La importancia relativa de los diferentes aminoácidos varía con las especies. En la mayoría de los peces parecieran predominar la taurina, alanina, glicina y aminoácidos que contienen imidazol. De estos últimos, la histidina ha concentrado la mayor atención debido a que la misma puede descarboxilarse microbiológicamente a histamina. Especies activas, veloces, con músculo oscuro, como el atún y la caballa, tienen un alto contenido de histidina.

La cantidad de nucleótidos y fragmentos de nucleótidos en pescado muerto depende del estado del pescado; se trata este tema en el Capítulo 4.

Vitaminas y minerales

La cantidad de vitaminas y minerales es específica de la especie y puede además variar con la estación del año. En general, la carne de pescado es una

CUADRO 3.5. **Vitaminas en el pescado**

Pescado	A (UI/g)	D (UI/g)	B_1 (tiamina) (µg/g)	B_2 (riboflavina) (µg/g)	Niacina (µg/g)	Acido pantoténico (µg/g)	B_6 (µg/g)
Filete de bacalao	0-50	0	0,7	0,8	20	1,7	1,7
Filete de arenque	20-400	300-100	0,4	3,0	40	10	4,5
Aceite de hígado de bacalao	200-10 000	20-300	—	3,4[1]	15[1]	4,3[1]	—

Fuente: Murray y Burt, 1969.
[1] Hígado entero.

CUADRO 3.6. **Algunos componentes minerales del músculo de pescado**

Elemento	Valor medio (mg/100 g)	Intervalo (mg/100 g)
Sodio	72	30 -134
Potasio	278	19 -502
Calcio	79	19 -881
Magnesio	38	4,5-452
Fósforo	190	68 -550

Fuente: Murray y Burt, 1969.

buena fuente de vitamina B y, en el caso de las especies grasas, también de vitaminas A y D. Algunas especies de agua dulce, como la carpa, tienen una alta actividad tiaminasa por lo que el contenido de tiamina en esta especie es por lo general bajo. Respecto de los minerales, la carne de pescado se considera una fuente valiosa de calcio y fósforo en particular, así como también de hierro y cobre. Los peces de agua salada tienen un alto contenido de iodo. En los cuadros 3.5 y 3.6 se indican los contenidos de algunas vitaminas y minerales. Debido a la variación natural de estos componentes no es posible dar cifras exactas.

El contenido de vitaminas es comparable con el de los mamíferos excepto en los casos de las vitaminas A y D, que se encuentran en grandes cantidades en la carne de las especies grasas y en abundancia en el hígado de especies como el bacalao y el hipogloso. Debe señalarse que el contenido de sodio en la carne de pescado es relativamente bajo lo que lo hace apropiado para regímenes alimenticios de tal naturaleza.

4. Cambios post-mortem en el pescado

Cambios organolépticos

Los cambios organolépticos son aquellos percibidos por los sentidos, es decir, apariencia, olor, textura y gusto.

Cambios en el pescado fresco crudo

Los primeros cambios son, en particular, aquellos concernientes a apariencia y textura y al *rigor mortis* (Figura 4.1).

Inmediatamente después de la muerte el músculo del pescado está totalmente relajado. El pescado es blando y flexible, y la textura es firme y elástica al tacto. Después de poco tiempo el tejido muscular se contrae. Cuando el mismo se torna duro y rígido y todo el cuerpo se vuelve inflexible, se dice que el pescado está en *rigor mortis*.

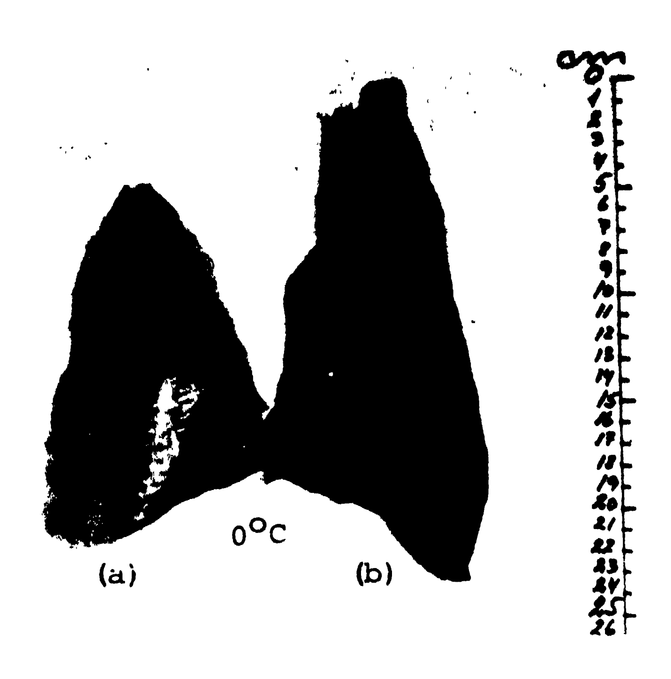


Figura 4.1. Filetes de bacalao (*Gadus morhua*) obtenidos del mismo pescado antes (a) y después (b) del comienzo del *rigor mortis*. El encogimiento del filete (a) fue del 24 por ciento.

Si el pescado se filetea en pre-rigor, el músculo puede contraerse libremente y los filetes se encogerán y tendrán una superficie surcada. El músculo oscuro puede encogerse hasta un 52 por ciento y el músculo blanco hasta un 15 por ciento de su longitud original (Buttkus, 1963). Después del rigor el tejido muscular retorna a su estado relajado. Con alguna experiencia es posible distinguir entre pescado en pre y post-rigor ya que el pescado en pre-rigor es totalmente flexible (Trucco *et al.*, 1982) y no presenta marcas de presión cuando es sometido a ella suavemente.

El tiempo involucrado en cada una de las etapas de desarrollo, duración y subsecuente resolución del *rigor mortis* depende de muchos factores, tales como: especie, talla, método de captura, manipuleo, temperatura y condiciones físicas del pescado. En el Cuadro 4.1 se muestran algunos datos respecto de la importancia de diferentes factores.

Debe señalarse que el pescado exhausto (como aquel que ha sido capturado por arrastre) y el pescado almacenado a altas temperaturas entrará y pasará por la fase del rigor rápidamente. Con los pescados pequeños, veloces y fatigados sucede lo mismo, mientras que en los pescados grandes y pescados planos toma, en general, más tiempo.

CUADRO 4.1. **Comienzo y duración del *rigor mortis* en algunas especies de pescado**

Especie	**Condición**	**Temperatura (°C)**	**Tiempo desde la muerte hasta el comienzo del rigor** (horas)	**Tiempo desde la muerte hasta el final del rigor** (horas)
Bacalao (*Gadus morhua*)	Arrastre	0	2- 8	20-65
Bacalao (*Gadus morhua*)	Arrastre	10-12	1	20-30
Bacalao (*Gadus morhua*)	Arrastre	30	0,5	1-2
Bacalao (*Gadus morhua*)	Descansado	0	14-15	72-96
Mero (*Epinephelus malabaricus*)	Descansado	2	2	18
Tilapia (*Tilapia mossambica*) (pequeña, 60 g)	Descansado	0- 2	2- 9	26,5
Granadero (*Macrourus whitsoni*)	Arrastre	0	<1	35-55
Anchoíta (*Engraulis anchoita*)	Arrastre	0	20-30	18
Platija (*Pleuronectes platessa*)	Arrastre	0	7-11	54-55
Carbonero (*Pollachius virens*)	Arrastre	0	18	110
Gallineta nórdica (*Sebastes* spp.)	Arrastre	0	22	120

Fuentes: Stroud, 1969; Partmann, 1965a; Nazir y Magar, 1963; Pawar y Magar, 1965; Trucco *et al.*, 1982.

Si bien se acepta en forma general que el comienzo y duración del *rigor mortis* es más rápido a altas temperaturas, se ha observado en ciertas especies tropicales que los cambios bioquímicos, así como el *rigor mortis*, pueden ser realmente acelerados a 0°C comparados con aquellos a 22°C (Poulter *et al.*, 1982). Si el rigor se desarrolla a altas temperaturas (en el caso del bacalao esto es por encima de 17°C) la tensión muscular del rigor puede llegar a ser muy fuerte y causar « desgajamiento », es decir, un debilitamiento del tejido conectivo y ruptura del filete.

Desde el punto de vista tecnológico el *rigor mortis* es de fundamental importancia cuando se congela el pescado, especialmente en el caso del filete. Si el pescado es fileteado en pre-rigor, como se ha mencionado antes, el filete se encoge; si este filete se congela, tendrá una textura pobre y aumentarán las pérdidas por exudado. Si se filetea el pescado en rigor los filetes son por lo general de buena calidad, mientras que el fileteado automático es muy dificultoso, obteniéndose un bajo rendimiento. Un manipuleo poco cuidadoso del pescado en rigor causará también desgajamiento. En principio, se aconseja filetear el pescado en post-rigor y congelar esos filetes; pero a menudo esto no es posible debido a que se necesita una gran capacidad de almacenamiento para el pescado entero.

En el Cuadro 4.2 se describen los cambios post-mortem en apariencia, textura y olor para pescado fresco entero.

En general los olores extraños se detectan primero en el área alrededor de la cavidad abdominal. En pescados que no se evisceran después de la captura (como el arenque y la caballa), esto puede ocurrir mucho antes de que el resto del pescado muestre algún signo de deterioro. En algunos casos, la alta actividad enzimática en las vísceras del pescado capturado durante su período de alimentación puede causar una degradación completa de la pared estomacal e incluso romperla. Este es un fenómeno llamado « estallido ventral », y puede ocurrir unas pocas horas después de la captura.

Cambios en la calidad comestible

Los cambios en la calidad comestible del pescado enfriado, durante su almacenamiento, pueden ser evaluados por medio de exámenes organolépticos diarios del pescado cocido. A menudo la evaluación se lleva a cabo sobre el pescado cocinado en envases flexibles ya que este método permite detectar la mayor parte de los olores extraños. Se da el siguiente modelo (Fases 1-4):

Fase 1. El pescado es muy fresco, con el olor y el gusto específico de la especie. A menudo el sabor es como a algas marinas y delicado.

CUADRO 4.2. **Apreciación de la frescura: Council Regulation (EEC) N° 103/76 OJ N° L20 (28 enero 1976)**

Partes del pescado inspeccionadas	Criterio – Puntaje 3	2	1	0
	Apariencia			
Piel	Pigmentación brillante e iridiscente, decoloraciones ausentes Mucus transparente y acuoso	Pigmentación menos brillante Mucus ligeramente opalescente	Pigmentación en vías de decolorarse y empañarse Mucus lechoso	Pigmentación empañada [1] Mucus opaco
Ojos	Convexos (salientes) Córnea transparente Pupila negra y brillante	Convexos y ligeramente hundidos Córnea ligeramente opalescente Pupila negra y empañada	Planos Córnea opalescente Pupila opaca	Cóncavo en el centro [1] Córnea lechosa Pupila gris
Branquias	Color brillante Mucus ausente	Menos coloreadas Ligeras trazas de mucus claro	Decolorándose Mucus opaco	Amarillentas [1] Mucus lechoso
Carne (cortada del abdomen)	Azulada, translúcida, brillo uniforme Sin cambios en el color original	Aterciopelada cerosa, empañada Ligeros cambios en el color	Ligeramente opaca	Opaca [1]
Color (a lo largo de la columna vertebral)	No coloreada	Ligeramente rosa	Rosa	Rojo [1]

CUADRO 4.2. **Apreciación de la frescura** *(cont.)*

Partes del pescado inspeccionadas	Criterio — Puntaje 3	2	1	0
Organos	Riñones y residuos de otros órganos deberían ser rojo brillante, así como también la sangre dentro de la aorta	Riñones y residuos de otros órganos deberían ser rojo empañado; la sangre se decolora	Riñones, residuos de otros órganos y sangre deberían ser rojo pálido	Riñones [1], residuos de otros órganos y sangre deberían ser de un color amarronado
Condición				
Carne	Firme y elástica	Menos elástica	Ligeramente blanda (fláccida)	Blanda (fláccida) [1]
	Superficie uniforme		Menos elástica	Las escamas se separan fácilmente de la piel, la superficie es bastante surcada, tiende a desmenuzarse
			Cerosa (aterciopelada) y superficie empañada	
Columna vertebral	Se quiebra en lugar de separarse de la carne	Adherente	Ligeramente adherente	No adherente [1]
Peritoneo	Se adhiere completamente a la carne	Adherente	Ligeramente adherente	No adherente [1]
Olor				
Branquias, piel, cavidad abdominal	A algas marinas	Olor a algas marinas u otro mal olor, ausentes	Ligeramente ácido	Acido [1]

[1] O en un estado de deterioro más avanzado

Fase 2. Hay una pérdida del olor y el gusto característicos. La carne es neutral pero no tiene olores extraños.
Fase 3. Hay signos de deterioro temprano con algunos olores extraños. Al comienzo, estos olores pueden ser ligeramente ácidos, débilmente dulces, afrutados o como a pescado seco.
Fase 4. El pescado puede caracterizarse como deteriorado y pútrido.

En el Laboratorio Lyngby se usa una escala graduada para los grupos de degustación. La escala va de 0 a 10, indicando 10 completa frescura, 8 buena calidad y 6 pescado neutro (insípido). El nivel de rechazo es 4. Usando esta escala pueden representarse los cambios en la calidad comestible del bacalao como se muestra en la Figura 4.2.

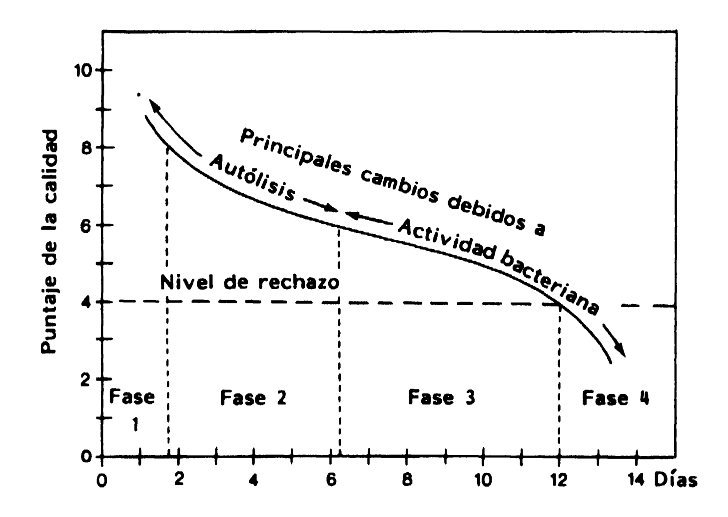


Figura 4.2. Cambios en la calidad alimenticia del bacalao conservado en hielo (0°C) (Huss, 1976).

Cambios autolíticos

Cuando un organismo muere deja de funcionar el sistema normal de regulación y se detienen el suministro de oxígeno y la producción de energía. Las células comienzan una nueva serie de procesos caracterizados por la descomposición del glucógeno (glucólisis) y la degradación de los compuestos ricos de energía.

Enzimas del músculo y su actividad

Los primeros procesos autolíticos en el tejido muscular del pescado involucran a los hidratos de carbono y los nucleótidos. Por cortos períodos de tiempo las células musculares continúan los procesos fisiológicos normales, pero rápidamente se detiene la producción de adenosín trifosfato (ATP). El ATP, presente a un tiempo en todas las partes del músculo, es un donante de energía en numerosos procesos metabólicos. En los organismos vivos el ATP se forma por reacción entre adenosín difosfato (ADP) y creatina fosfato, siendo el último un reservorio, en la célula muscular, de fosfato rico en energía. Cuando el reservorio se agota, el ATP es regenerado a partir del ADP por refosforilación durante la glucólisis. Después de la muerte el ATP es degradado rápidamente. A bajos niveles de ATP se desarrolla el *rigor mortis*.

En general el músculo de pescado contiene cantidades relativamente bajas de glucógeno comparado con el músculo de mamíferos, y el pH post-mortem es consecuentemente mayor; esto hace que la carne de pescado sea más susceptible al ataque microbiano. No obstante, hay grandes variaciones en el contenido de glucógeno entre las distintas especies y también dentro de la misma especie. Como regla, el pescado bien descansado contiene más glucógeno que el pescado exhausto, el bien alimentado más que el hambriento, y el grande más que el pequeño. Dentro del pescado, el glucógeno se concentra más en el músculo oscuro que en el músculo blanco. El pescado sometido a esfuerzo utiliza el glucógeno rápidamente. Sólo cinco minutos de ejercicio enérgico causa en la trucha arco iris (*Salmo gairdneri*) una caída del nivel de glucógeno de 0,25 a 0,07 por ciento del peso húmedo (Black *et al.*, 1962). De esto se desprende que largos tiempos de arrastre y manipuleos descuidados aceleran los procesos autolíticos.

Según Tarr (1966) el glucógeno se degrada sea por glucólisis, es decir, siguiendo la vía de Embden-Meyerhof, sea por hidrólisis amilolítica directa (véase la Figura 4.3).

Dado que no hay provisión de oxígeno, la glucólisis en el tejido muscular post-mortem tiene lugar en condiciones anaerobias y, como se ilustra en la Figura 4.3, el producto final es ácido láctico. El lactato formado baja el pH. En el bacalao esta disminución es, por lo general, de un pH 7,0 a un pH 6,3-6,9. En algunas especies el pH final puede ser menor: en caballas grandes se registran a menudo pH de 5,8-6,0 y en atunes (Tomlinson y Geiger, 1963) y en el hipogloso (*Hippoglossus hippoglossus*) se han encontrado valores de 5,4-5,6. En otros pescados como el capelán (*Mallotus villosus*) prácticamente no se observan cambios en el pH. El descenso post-mortem del pH causa una disminución en la capacidad de las proteínas de retener agua ya que las lleva muy cerca de su punto isoeléctrico (véase la Figura 3.3, p. 21).

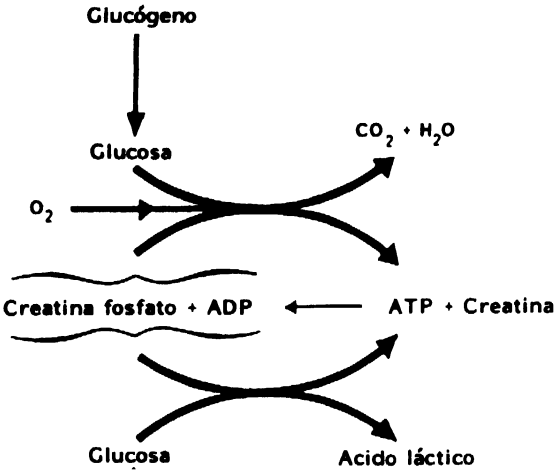


Figura 4.3. Descomposición aerobia y anaerobia del glucógeno en el músculo del pescado.

Glucógeno

Respiración anaerobia

El ATP se descompone por una serie de reacciones de desfosforilación y de desaminación a inosina monofosfato (IMP) que, a su vez, se degrada a hipoxantina (Hx) y ribosa:

$$\begin{array}{ccccccccccc} & & & & & & & & & \nearrow Hx & \\ ATP & \rightarrow & ADP & \rightarrow & AMP & \rightarrow & IMP & \rightarrow & HxR & \longrightarrow & Ribosa \\ \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \text{(inosina)} & & \\ P_i & & P_i & & NH_3 & & P_i & & & & \end{array}$$

Los procesos autolíticos mencionados anteriormente se producen de la misma manera en todos los pescados pero la velocidad varía grandemente entre especies. Sin embargo, para algunos moluscos se ha informado que la principal vía incluye adenosina en lugar de IMP.

Fraser *et al.* (1967) han seguido la autólisis del músculo de bacalao descansado. El pescado, muerto después de haber sido anestesiado, se almacenó luego a 0°C. Como se ilustra en la Figura 4.4, el ATP y el glucógeno casi desaparecen antes del comienzo del rigor, mientras se acumulan IMP y posteriormente HxR (inosina). Cuando los niveles de IMP y HxR comienzan a disminuir, el contenido de Hx aumenta. En el pescado capturado por arrastre estos cambios ocurren rápidamente y a menudo el pH mínimo se alcanza dentro del primer día después de la muerte del animal.

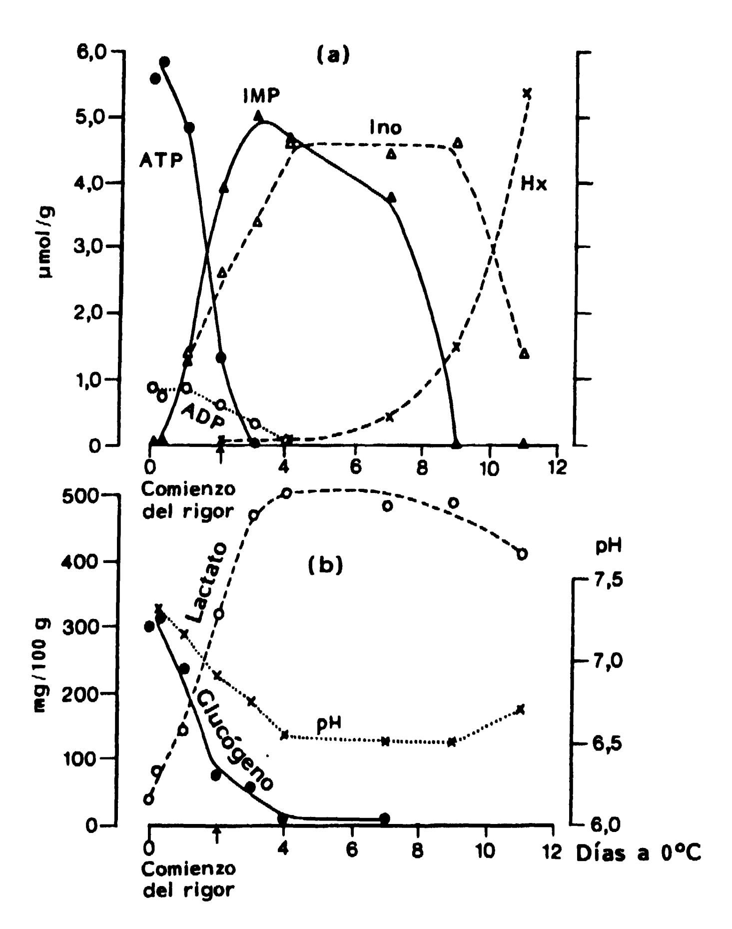


Figura 4.4. (a) Degradación de nucleótidos en músculo relajado de bacalao almacenado a 0°C; (b) cambios glucolíticos concomitantes (Fraser *et al.*, 1967).

En la Figura 4.5 se representan las variaciones en la producción de Hx de algunas especies de pescado y en la Figura 4.6 se muestran los cambios en Hx, IMP, HxR y calidad organoléptica de la trucha arco iris.

Dado que la autólisis en el pescado ocurre siempre de la misma manera, la determinación de, por ejemplo, hipoxantina se usa en algunos casos como criterio de frescura, pero de acuerdo a Ehira (1976) esto puede ser engañoso si se comparan diferentes especies. Algunas como el jurel (*Trachurus japonicus*) forman HxR, mientras que otras, como muchos pescados planos, forman Hx. Fijar un límite de Hx significaría considerar que el pescado plano sufre una pérdida de frescura más rápida que los jureles, lo cual contradice el conocimiento empírico.

En Japón se han efectuado muchos trabajos a fin de establecer una expresión de la calidad más satisfactoria, y se ha propuesto el denominado valor-K. Este

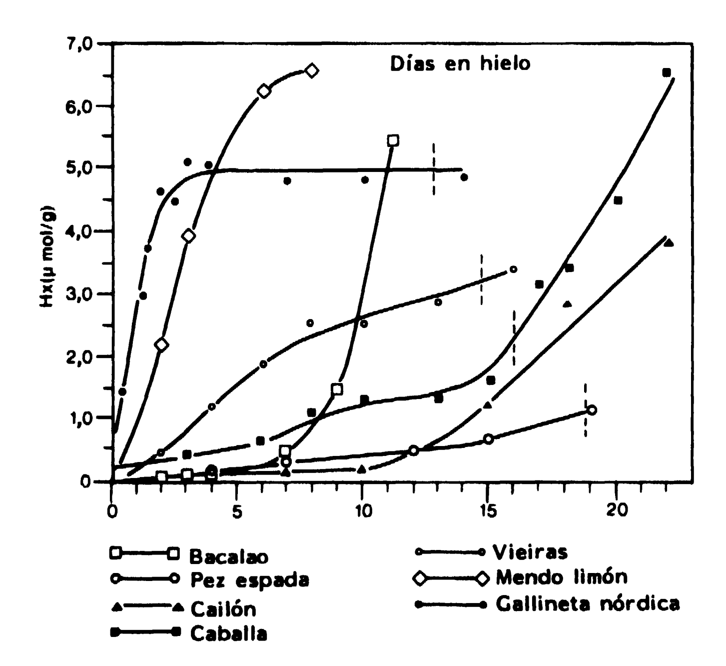


Figura 4.5. Variación en la velocidad de formación de Hx de varias especies durante el almacenamiento en hielo: gallineta nórdica, *Sebastes marinus*; mendo limón, *Pseudopleuronectes americanus*; vieiras, *Placopecten magellanicus*; bacalao, *Gadus morhua*; caballa, *Scomber scombrus*; cailón, *Lamna nasus*; y pez espada, *Xiphias gladius*. Las líneas verticales quebradas indican el límite de aceptabilidad según el juicio de un grupo de degustación (Fraser *et al.*, 1967).

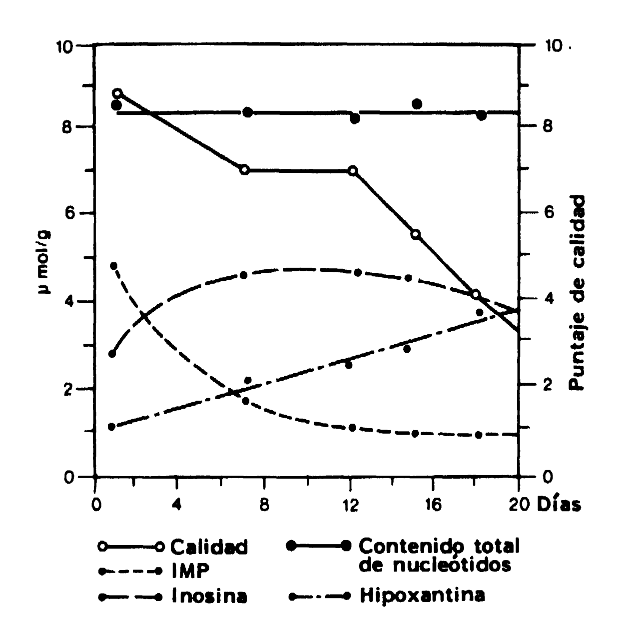


Figura 4.6. Degradación de los nucleótidos y pérdida de calidad en la trucha arco iris conservada en hielo (Huss, 1976).

valor es la relación entre inosina e hipoxantina y el contenido total de compuestos relacionados con el ATP:

$$K(\%) = \frac{HxR + Hx}{ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx}$$

El pescado muy fresco, por lo tanto, tiene un valor-K bajo, que aumenta gradualmente a una velocidad que depende de la especie (Figura 4.7).

La importancia organoléptica de los productos de la degradación autolítica es entendida sólo parcialmente. Desde hace tiempo se sabe en Japón que el IMP y otros 5'-nucleótidos funcionan como fuertes mejoradores del sabor en concentraciones bastante bajas, y que junto con el ácido glutámico dan lugar a un « sabor carnoso ». La inosina es más o menos insípida mientras que la hipoxantina imparte un sabor agrio o amargo al pescado en proceso de deterioro (Spinelli, 1965). La pérdida de sabor en la carne de pescado es, por lo tanto, atribuida a la degradación del IMP.

Los azúcares libres y los nucleótidos-azúcares son de importancia tecnológica pues intervienen en la reacción de Maillard y por tanto causan empardeamiento durante el calentamiento.

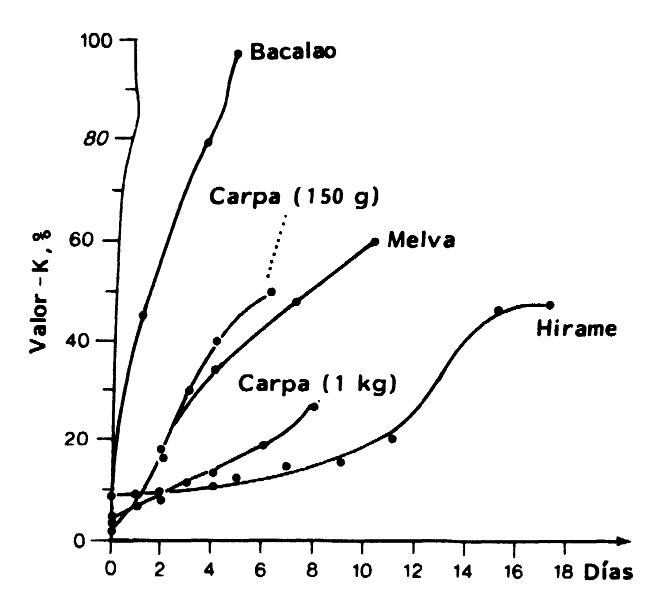


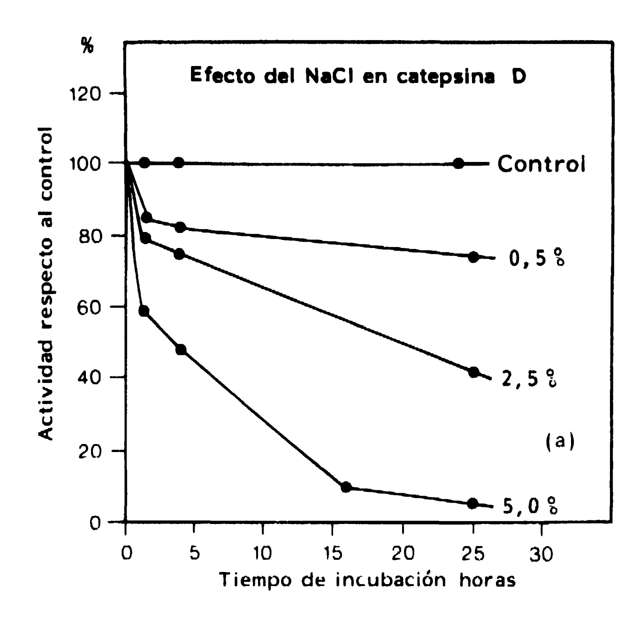
Figura 4.7. Cambios en el valor-K de las siguientes especies almacenadas en hielo inmediatamente después de muertas: bacalao (*Gadus morhua macrocephalus*), carpa (*Cyprinus carpio*), melva (*Auxis* sp.) e hirame (*Paralichthys olivaceus*) (Ehira, 1976).

Los cambios autolíticos en las proteínas son mucho menos pronunciados que los cambios en los nucleótidos. Se han aislado muchas proteasas del tejido muscular del pescado (Reddi *et al.*, 1972; Siebert y Schmitt, 1965). Wojtowicz y Odense (1972) han demostrado que las principales proteasas del músculo de pescado, las catepsinas, tienen niveles de actividad similares a las del músculo de la pechuga de pollo.

Debido a que este músculo tiene una actividad autolítica bastante baja, concluyen que la rápida velocidad autolítica de muchos pescados no es debida a estas enzimas. Sin embargo, se encontró una actividad alta en el cangrejo de mar y en las pinzas de la langosta, y esto sería significativo en la autólisis rápida de estas especies.

Las catepsinas musculares son enzimas hidrolíticas y la mayor parte de ellas están localizadas en los lisosomas. De gran importancia es la catepsina D, ya que puede iniciar la degradación de proteínas endógenas de la célula a péptidos. Estos pueden ser nuevamente degradados con la ayuda de otras catepsinas (A,B,C).

De acuerdo con McLay (1980) y Reddi *et al.* (1972), la catepsina D tiene actividad óptima a un pH 4 pero es capaz de actuar en una variación de pH 2-7



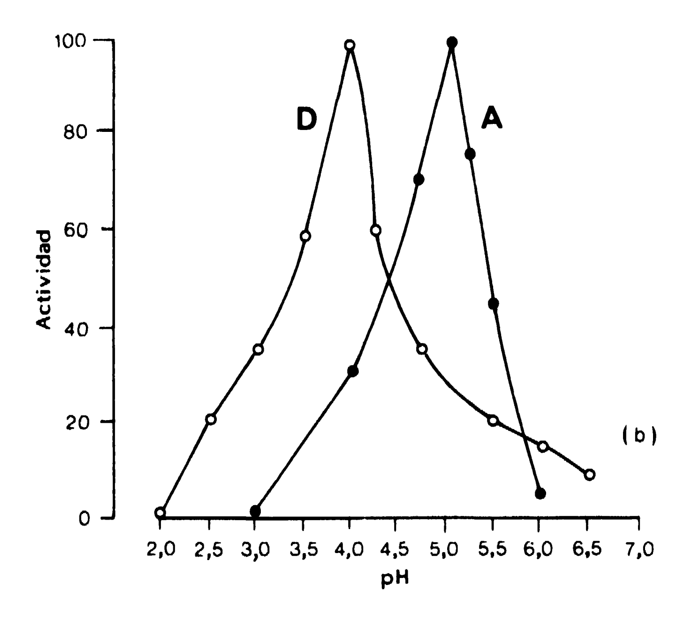


Figura 4.8. Efecto de (a) NaCl y (b) pH en la actividad de la catepsina del músculo de pescado. La actividad se mide después de una incubación de 30 minutos a 37°C con hemoglobina desnaturalizada como sustrato [(a) Reddi *et al.*, 1972; (b) McLay, 1980].

(Figura 4.8b). Wojtowicz y Odense (1972) investigaron la actividad catéptica total del músculo de pescado e informaron valores un poco menores. El pH óptimo de las catepsinas musculares parece ser mucho menor que el pH encontrado en carne de pescado, y no ha sido totalmente dilucidado su papel durante el deterioro. Sin embargo, se sabe que la proteólisis debida a (bacalao) enzimas musculares es muy reducida (Shewan y Jones, 1957) y esa proteólisis no es un pre-requisito para el deterioro bacteriano (Lerke *et al.*, 1967). Por otra parte las catepsinas pueden jugar un papel en la maduración (ablandamiento) de los productos de pescado adobado, que tienen un pH bastante bajo y un bajo contenido de sal dado que la actividad de las enzimas es fuertemente inhibida a concentraciones de NaCl del 5 por ciento (Figura 4.8a).

Junto a las catepsinas se han encontrado algunas dipeptidasas en carne de pescado (Siebert y Smitt, 1965; Konagaya, 1978). Algo realmente interesante es que no hay enzimas en el músculo para degradar los aminoácidos que contienen azufre, como demostraron Herbert y Shewan (1976), que no pudieron detectar compuestos volátiles que contienen azufre en músculo estéril de bacalao almacenado por períodos largos a altas temperaturas (Figura 4.14).

La reducción del OTMA se debe por lo general a la acción bacteriana, pero en algunas especies está presente en el tejido muscular una enzima que es capaz de descomponer el OTMA en dimetilamina (DMA) y formaldehído (FA) (Castell *et al.*, 1973; Mackie y Thomson, 1974):

$$(CH_3)_3\,NO \rightarrow (CH_3)_2\,NH + HCHO$$

Este proceso es de poca importancia en el pescado enfriado normalmente, dado que las bacterias descomponen más rápidamente el OTMA a TMA; en casos extremos se han encontrado, en bacalao almacenado por dos semanas, 2-3 mg de FA y DMA por 100 g de músculo, mientras que el contenido de TMA era de 15-20 mg/100 g.

La formación de DMA y FA puede ser de considerable significación cuando se inhibe la actividad bacteriana, por ejemplo, cuando se congela el bacalao. El FA causaría una desnaturalización, cambios en la textura y pérdidas en la capacidad de retener agua. La formación de DMA y FA constituye un serio problema durante el almacenamiento del bacalao (gádidos) congelado. No obstante, la DMA puede formarse en muchas especies de pescado durante el secado y el posterior almacenamiento (Hebard *et al.*, 1982).

Enzimas del tracto digestivo y su actividad

Es sabido que las enzimas del tracto digestivo desempeñan un papel importante en la autólisis de pescado entero, no eviscerado.

Durante períodos de alimentación intensa, el estómago de ciertos pescados (p.ej. arenque, capelán, espadín y caballa) es muy susceptible de la degradación del tejido y el vientre puede « estallar » unas pocas horas después de la captura. Todavía no se ha llegado a entender completamente este fenómeno, pero se sabe que el tejido conectivo es frágil si el pH es bajo y el pH post-mortem disminuye cuando el pescado es capturado durante períodos de alimentación intensa (Love, 1980). Además, se supone que la producción y actividad de las enzimas del tracto digestivo es más fuerte durante esos períodos. Pero, a pesar de la cantidad de trabajos sobre el tema, no es muy clara la correlación entre proteasas extractables y ruptura del estómago (Gildberg, 1982).

Las proteasas más importantes del tracto digestivo son las endopeptidasas tipo tripsina localizadas en el ciego pilórico y la catepsina (D), y otras enzimas tipo pepsina localizadas en las paredes del estómago. Estas enzimas descomponen las proteínas en péptidos de gran tamaño que son degradados nuevamente por distintas exopeptidasas (Granroth *et al.*, 1978).

La actividad de las enzimas del tracto digestivo con relación al pH ha sido objeto en Noruega de varios estudios. Cuando se mide la actividad de las proteasas extractables del tracto digestivo del capelán durante la incubación con hemoglobina, la actividad máxima se encuentra a pH 3 y 9 mientras que la misma corresponde a pH neutro con glicoproteínas extraídas de la piel del capelán (Figura 4.9). Por otro lado, el efecto solubilizante de las proteasas

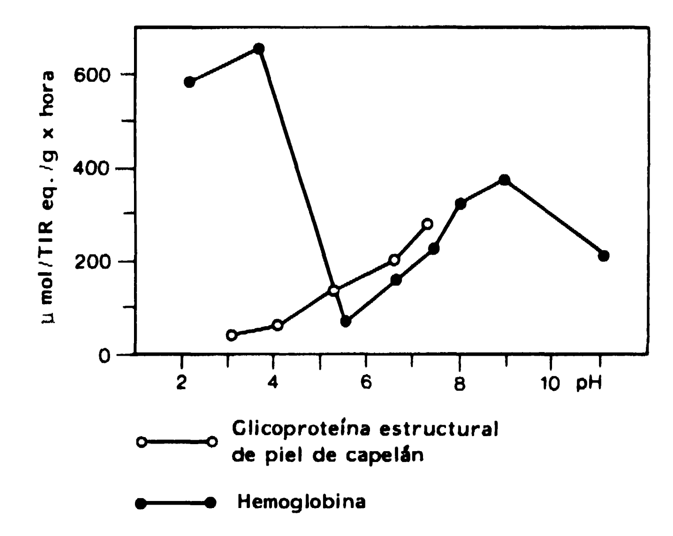


Figura 4.9. Actividad proteásica en tractos digestivos homogeneizados con relación al pH. Las actividades se determinaron después de incubación durante 1 hora a 25°C. Los sustratos fueron hemoglobina y glicoproteína estructural de piel de capelán (Gildberg y Raa, 1980).

sobre el tejido muscular parece tener un óptimo a pH 4 y 7 mientras que el efecto sobre la piel presenta un óptimo a pH 4 (Figura 4.10). Se ha sugerido que estas diferencias en la actividad proteásica y pH óptimo dependen tanto de si el sustrato es tejido intacto (que contiene inhibidores enzimáticos del tejido, colágeno, etc.) como de las proteínas solubles (Gildberg y Raa, 1980; Hjelmeland y Raa, 1980).

A diferencia de la catepsina (D) las enzimas del tracto digestivo parecen ser bastante halo-tolerantes (Figura 4.11).

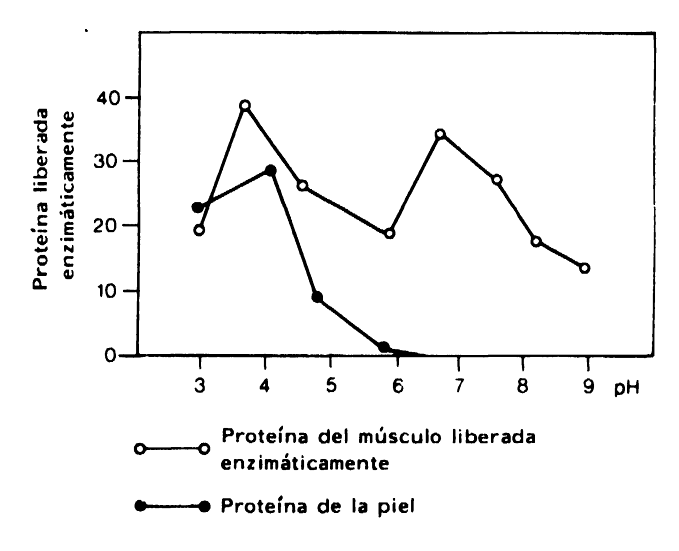


Figura 4.10. Proteína del músculo liberada enzimáticamente y proteínas de la piel a diferentes valores de pH (la diferencia entre incubación con y sin el agregado de enzimas del tracto digestivo) (Gildberg y Raa, 1979).

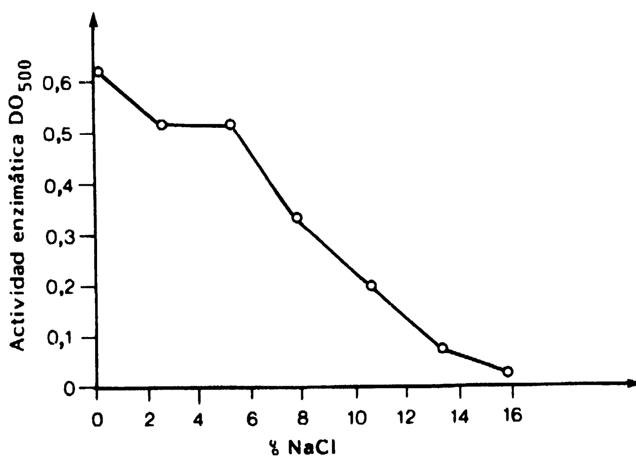


Figura 4.11. Actividad de las enzimas proteolíticas cecales de espadín (*Sprattus sprattus*) a diferentes concentraciones de NaCl (37°C) (Marvik, 1976).

Se han encontrado en el ciego pilórico del arenque algunas carboxi-peptidasas que son más halo-tolerantes, por ejemplo hasta un 25 por ciento de NaCl (Granroth *et al.*, 1978). Estas últimas son aptas para desempeñar un importante papel en la maduración del arenque salado tipo escandinavo (Knoechel y Huss, 1984) y posiblemente en algunas de las salsas de pescado del sudeste asiático.

A menudo se ha considerado que se logra una debida maduración de estos productos si se deja un poco de tracto digestivo en el pescado.

Cambios bacteriológicos

Flora bacteriana del pescado vivo

Los microorganismos se encuentran en toda la superficie externa del cuerpo (piel y branquias) y en el intestino del pescado vivo y del recién capturado. Se ha comunicado un amplio intervalo en cuanto a su número, como se muestra a continuación:

Piel	10^2-10^7/cm^2	
Branquias	10^3-10^9/g	
Intestinos	10^3-10^9/g	(Shewan, 1962).

Este amplio intervalo refleja el efecto del medio sobre el pescado. Así se encuentran recuentos muy bajos (10-100/cm^2 de piel) en pescados capturados en aguas frías y limpias (Liston, 1980a), mientras que recuentos mucho más altos se encuentran en pescados de áreas contaminadas o aguas tropicales cálidas (Shewan, 1977). A menudo se ha considerado que los recuentos en el intestino del pescado son también un reflejo del medio donde se mueve y del alimento ingerido, habiéndose encontrado condiciones cercanas a la esterilidad en pescados no alimentados. Sin embargo, trabajos recientes parecen indicar una flora intestinal específica, al menos en una especie de pescado (*Gadus morhua*), donde se han encontrado regularmente recuentos de gram-negativos, como el *Vibrio*, de aproximadamente 10^7/g, independientemente del área de pesca, época del año y contenido de alimento en el estómago (Larsen *et al.*, 1978). En un trabajo japonés se señaló que la flora intestinal varía con las características anatómicas del tracto digestivo.

Se ha informado que la flora microbiana del pescado de aguas templadas recién capturado está formada, en su mayor parte, por bacilos aerobios, anaerobios facultativos, psicrotróficos, gram-negativos de los géneros *Pseudomonas, Alteromonas, Moraxella, Acinetobacter, Flayobacterium, Cytophaga* y

Vibrio (Shewan, 1977). Unos pocos análisis sobre la flora de pescados de aguas tropicales informan sobre la preponderancia de bacterias gram-positivas como *Micrococcus, Bacillus* y corineformes (Shewan, 1977; Gillespie y Macrae, 1975). Sin embargo, Lima dos Santos (1978) llega a la conclusión, a través de los datos de su exhaustiva revisión y del propio trabajo experimental, de que las bacterias gram-positivas, normalmente, son predominantes en la flora microbiana del pescado tropical. Lo que puede ser más importante es la temperatura que se requiere para el crecimiento de la bacteria. Shewan (1977) comunica una proporción definitivamente alta de bacterias psicrotróficas en el pescado de aguas frías o templadas y compara sus propios resultados, por los que sólo el 5 por ciento de la flora del pescado del Mar del Norte puede crecer a 37°C contra aproximadamente el 55 por ciento correspondiente al pescado capturado en las costas mauritanas.

La comparación de los datos provenientes de diferentes fuentes sobre la flora bacteriana del pescado debe efectuarse, como señala Lima dos Santos (1978), en forma muy cuidadosa por diversas razones. Primero, debe tenerse en cuenta que las bacterias están presentes en gran número y que los estudios respecto de la flora están normalmente limitados a unos pocos grupos (20-100). Esto significa que sólo los grupos principales son fáciles de ser identificados, y por ello pueden cometerse errores y puede llegarse a conclusiones erróneas. Además, se sabe que los resultados de las investigaciones bacteriológicas se ven enormemente afectados por la metodología empleada. Por último, la posición taxonómica de muchos organismos es aún incierta.

La flora del pescado de agua dulce es significativamente diferente de la del pescado de agua de mar. Liston (1980a) informa acerca de la alta proporción de bacterias gram-positivas como *Streptococcus, Micrococcus, Bacillus* y corineformes, mientras que Shewan (1977) hace notar la presencia del género *Aeromonas* en todos los pescados de agua dulce y su ausencia en los de agua de mar. Sin embargo, los bacilos gram-negativos psicrotróficos encontrados en pescados de agua de mar son también dominantes en la flora de pescado de agua dulce; una de las bacterias comunes del deterioro del pescado, *Alteromonas putrefaciens*, está notablemente ausente durante el deterioro de los pescados de agua dulce del Brasil (Lima dos Santos, 1978).

La presencia de bacterias patógenas se trata en el Capítulo 7.

Cambios en la microflora durante el almacenamiento y el deterioro

Después de una fase de demora, cuya duración depende principalmente de la temperatura, las bacterias del pescado entran en un crecimiento exponencial y, bajo condiciones aerobias, el número total de bacterias alcanza valores de

10^8-10^9/g de carne o cm^2 de piel cuando el deterioro es manifiesto. A bajas temperaturas, el aumento en el número de bacterias es acompañado por cambios cualitativos, y en los pescados de agua de mar las *Pseudomonas* sp. y *Alteromonas* llegan a ser los géneros dominantes independientemente de la composición de la flora inicial. Shewan (1977) comunica que esto es debido al tiempo de reproducción extremadamente corto de este género a bajas temperaturas. A temperatura ambiente alta el pescado se deteriora muy rápidamente (24-36 h), y la composición de la flora y/o los organismos principales del deterioro a estas temperaturas aún no se conocen.

Bajo condiciones anaerobias o con baja tensión de oxígeno (p.ej., envasado al vacío y almacenamiento en agua de mar enfriada) se han encontrado recuentos totales muy bajos que con frecuencia alcanzan niveles de alrededor de 10^6/g de pescado. Sin embargo, en la composición de la flora ocurren cambios considerables a medida que las condiciones van siendo favorables para los anaerobios facultativos, capaces de utilizar el OTMA u otros compuestos oxidados del músculo de pescado.

Invasión microbiana

En el pescado vivo, sano, y en el recientemente capturado, el músculo es estéril y por lo tanto sólo se encuentra contaminación bacteriana en la superficie externa e interna del pescado. Anteriormente se suponía que la bacteria invadía el músculo por medio del tejido vascular o penetrando por la piel. Sin embargo, a través de exámenes histológicos se ha demostrado que en el caso del pescado enfriado sólo muy pocas bacterias invaden el músculo, y en una etapa bastante tardía (Shewan y Murray, 1979). Exámenes microscópicos de bacalao entero conservado en hielo por 12-14 días mostraron que el filete, como tal, todavía contenía un número muy limitado de bacterias. Por el contrario, la bacteria realmente penetró en la carne vía colágeno cuando el pescado fue almacenado a altas temperaturas ($>+8$°C). En pescado enfriado la principal actividad bacteriológica tiene lugar, por lo tanto, en la superficie. Aquí son atacados los compuestos de bajo peso molecular y las enzimas bacterianas se difunden de la superficie hacia adentro del tejido muscular, mientras que los sustratos en el tejido se difunden hacia afuera. Se ha señalado también que las diferencias de la cubierta de mucus entre las especies constituye otro factor que influye en la velocidad de deterioro. Un pescado de deterioro rápido es el merlán (*Merlangius merlangus*), que tiene una cubierta de mucus frágil, mientras que la solla (*Pleuronectes platessa*) presenta un deterioro lento, debido a que tiene una dermis y epidermis robusta y una gruesa cubierta de mucus que contiene una cierta cantidad de lisozimas (Murray y Fletcher, 1976).

El pescado como sustrato para las bacterias

Los hidratos de carbono (p.ej., lactato y ribosa) y los fragmentos de nucleótidos son sustratos fácilmente disponibles para las bacterias junto con el resto de la fracción-NNP.

La oxidación aerobia, para los microorganismos aerobios, produce mucha más energía que la fermentación anaerobia. Así, la oxidación completa de 1 mol de glucosa a 6 moles de CO_2 da una producción neta de 36 moles de ATP, mientras que la fermentación de 1 mol de glucosa a 2 moles de ácido láctico sólo da 2 moles de ATP.

Aerobia:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 + 36\ ADP + fosfato \rightarrow 6\ CO_2 + 42\ H_2O + 36\ ATP$$

Anaerobia:

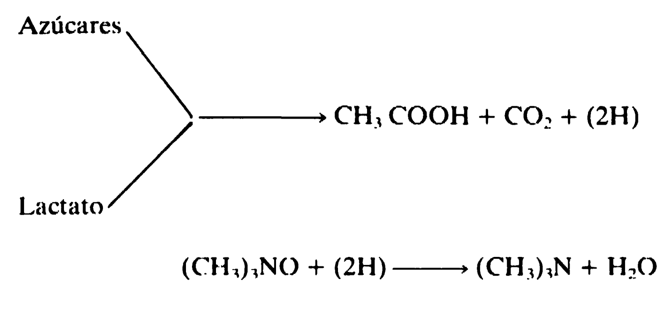
$$C_6\ H_{12}\ O_6 + 2\ ADP + fosfato \rightarrow 2\ CH_3CHOHCOOH + 2\ ATP + 2\ H_2O$$

Por ende, el crecimiento bacteriano inicial bajo condiciones aerobias será en primer lugar el crecimiento de los organismos aerobios usando hidratos de carbono y lactato como sustratos dadores de energía, oxígeno como aceptor de hidrógeno, con la formación de CO_2 y H_2O como productos finales.

En cierto modo, el crecimiento de los organismos aerobios da por resultado la formación de microclimas anaerobios en la superficie del pescado. Bajo estas condiciones, las bacterias anaerobias facultativas se ven favorecidas. Sin embargo, para un número de bacterias reductoras del OTMA, incluyendo algunas que normalmente son clasificadas como aerobias obligadas, la presencia de OTMA permite a estos organismos crecer rápidamente a pesar de las condiciones anaerobias.

El metabolismo durante la reducción del OTMA se ha investigado recientemente tanto en anaerobios facultativos como *E. coli* (Sakaguchi *et al.*, 1980) y *Proteus* sp. (Stenberg *et al.*, 1982) como para *Alteromonas* spp. no fermentativas (Easter *et al.*, 1983; Ringø *et al.*, 1984). Ahora parece cierto que en muchas bacterias la reducción del OTMA está ligada a la conservación de la energía por un mecanismo respiratorio.

Durante el crecimiento anóxico los electrones son enviados a través de la cadena de transporte electrónico, siendo el OTMA el aceptor final de electrones, y la energía liberada se usa para la formación de fosfatos ricos en energía. En los organismos fermentativos, como *Proteus*, los procesos catabólicos están basados principalmente en la vía fermentativa durante la respiración anaerobia, siendo el acetato el producto principal:



(Kjosbakken y Larsen, 1974).

El mecanismo que se muestra en la Figura 4.12 indica que el lactato es usado como sustrato sólo cuando está presente el OTMA.

Las bacterias no fermentativas como *Alteromonas putrefaciens* guardan un tipo de metabolismo aerobio donde los aminoácidos son completamente oxidados a CO_2 mientras que el lactato da origen a la formación de algo de acetato. En el almacenamiento en frío de músculo estéril de bacalao no se produce una reducción del OTMA, como puede verse en la Figura 4.13, y de esto se desprende que para la reducción son necesarias las enzimas bacterianas.

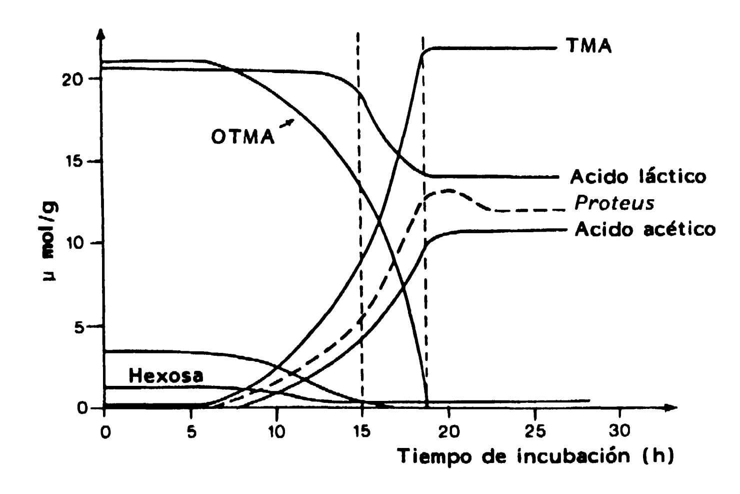


Figura 4.12. Cambios químicos en extractos de arenque durante el crecimiento anaeróbico de *Proteus* sp. (Olafsen *et al.*, 1971).

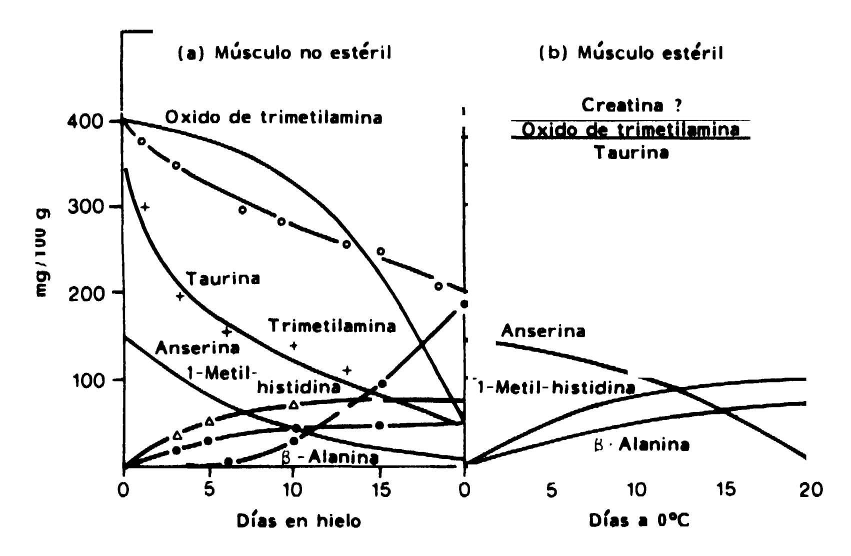


Figura 4.13. Cambios en los compuestos extractables nitrogenados del músculo de bacalao en (a) almacenamiento normal y (b) almacenamiento del músculo estéril (Shewan, 1962).

(Debe señalarse, sin embargo, que tanto el sistema digestivo como el tejido del riñón parecen contener OTMA-reductasa, que puede jugar un papel importante en productos desmenuzados mientras que el tejido muscular, como se mencionó anteriormente, contiene una reductasa que puede ser importante durante el almacenamiento del congelado.) El producto final, TMA, tiene un olor « a pescado » típico desagradable.

La TMA constituye la mayor parte de las llamadas bases volátiles totales, BVT, cuando se supera el nivel de rechazo encontrado en el pescado almacenado en frío. Luego, durante el período de almacenamiento, puede formarse algo de amoníaco, NH_3. Una pequeña cantidad de NH_3 se forma durante la autólisis, pero la mayor parte proviene de la desaminación de los aminoácidos. En los elasmobranquios se forma una considerable cantidad de NH_3 durante el almacenamiento y esto es debido a que la carne es rica en urea, la que descompuesta por bacterias da CO_2 y NH_3:

$$(NH_2)_2CO + H_2O \xrightarrow{\text{ureasa}} CO_2 + 2NH_3$$

Los crustáceos son generalmente más susceptibles al deterioro bacteriano que el pescado. Una de las razones es el alto contenido de compuestos del NNP (Cuadro 3.4). Esto incluye una gran cantidad de fosfoarginina la cual puede

constituir hasta el 1-1,5 por ciento del peso húmedo del pescado. La fosfoarginina puede ser desfosforilada por autólisis y muchas bacterias pueden desaminar arginina a ornitina, la cual puede luego descarboxilarse a putrescina.

Generalmente muchos de los olores relacionados con el deterioro son los productos de degradación de los aminoácidos. La descomposición bacteriana de aminoácidos que contienen azufre, cisteína y metionina da como resultado la formación de sulfuro de hidrógeno ((H_2S), metil mercaptano (CH_3SH) y dimetilsulfuro (($(CH_3)_2S$), respectivamente. Como puede verse en la Figura 4.14, estos compuestos no se forman en el músculo estéril pero se sabe que algunas bacterias como *Alteromonas putrefaciens* son productoras poderosas. Estos compuestos volátiles, de olor desagradable, son organolépticamente detectables aun a niveles de ppb, de modo que incluso pequeñas cantidades tienen un efecto considerable sobre la calidad.

En un medio con pequeña o nula cantidad de oxígeno se ve favorecido el crecimiento de las bacterias reductoras del OTMA y se promueve la producción

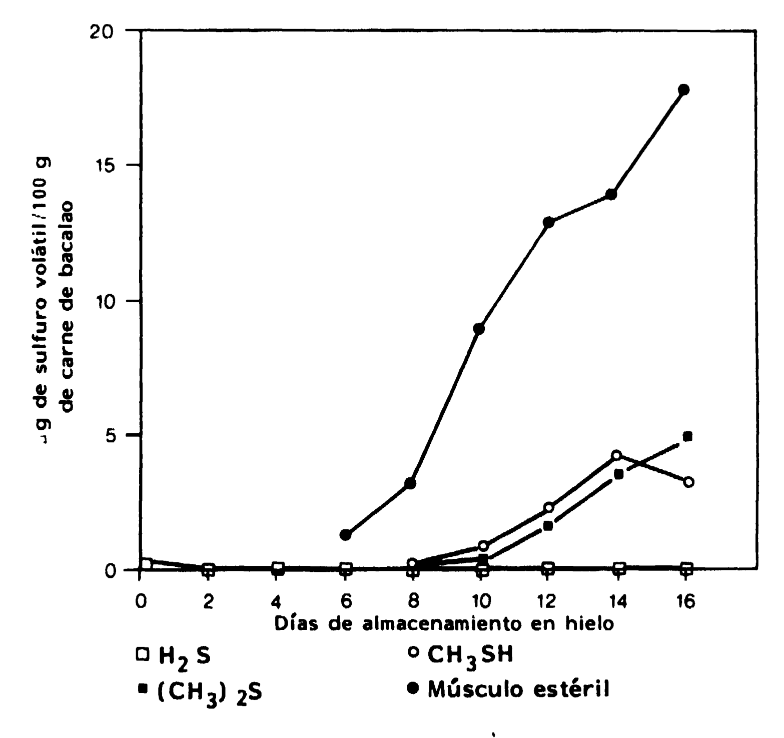


Figura 4.14. Producción de H_2S $(CH_3)_2S$ y CH_3SH en filetes de bacalao con un deterioro natural y bloques de músculo estéril (Herbert *et al.*, 1971).

de TMA (Jensen, 1980; Huss, 1972). Un alto contenido de TMA puede tomarse como indicativo de un deterioro más rápido, bajo condiciones anaerobias, pero éste no parece ser el caso, por ejemplo, en el pescado envasado al vacío, conforme a lo demostrado por los autores anteriormente mencionados. Shaw y Shewan (1968), así como otros autores, también han cuestionado la correlación entre el contenido de TMA y la calidad organoléptica del pescado.

Durante las últimas etapas del deterioro se reduce todo el OTMA (normalmente el pescado mucho antes de esto es rechazado organolépticamente) y el medio microbiológico cambia drásticamente. De acuerdo con algunos trabajos noruegos (Kjosbakken, 1970; Refsnes y Larsen, 1972; Storrø *et al.*, 1977) un almacenamiento anaerobio prolongado del pescado resulta en una producción muy activa de NH_3 debido a la degradación bacteriana de aminoácidos y en la acumulación de ácidos grasos menores como el ácido acético, ácido butírico y ácido propiónico. Se ha encontrado que los productores fuertes de NH_3 son anaerobios obligados pertenecientes a la familia Bacteroidaceae, género *Fusobacterium* (Kjosbakken y Larsen, 1974; Storrø *et al.*, 1975, 1977). Es característico de estos organismos que el crecimiento ocurra sólo en extracto de pescado deteriorado. Lo interesante es que parecen tener una actividad proteolítica pequeña o nula disponiendo, de esta manera, de aminoácidos fácilmente accesibles para el crecimiento.

Bacterias específicas del deterioro

Aun cuando el número de bacterias en el pescado fresco es a veces muy alto, muchas de estas bacterias no son importantes durante el deterioro. Las bacterias específicas del deterioro se caracterizan por la habilidad de producir importantes olores y sabores extraños en la carne, constituyendo estos organismos sólo la menor parte de la flora presente. Durante el almacenamiento en frío el porcentaje de las bacterias específicas del deterioro normalmente aumenta (Figura 4.15). A menudo estas bacterias tienen un tiempo de reproducción corto a temperaturas de enfriamiento, y el OTMA de la carne del pescado funciona como un estimulante selectivo de crecimiento.

Para evaluar el deterioro potencial de los microorganismos se emplean diferentes métodos. En el Reino Unido se usa una técnica donde el músculo de pescado estéril se inocula con cultivos puros de bacterias (Shewan, 1977), mientras que investigadores australianos han usado homogenato estéril de músculo de pescado digerido con tripsina (Gillespie y Macrae, 1975).

En el Laboratorio Tecnológico del Ministerio de Pesca de Dinamarca se desarrolló un método para identificar microorganismos capaces de reducir el

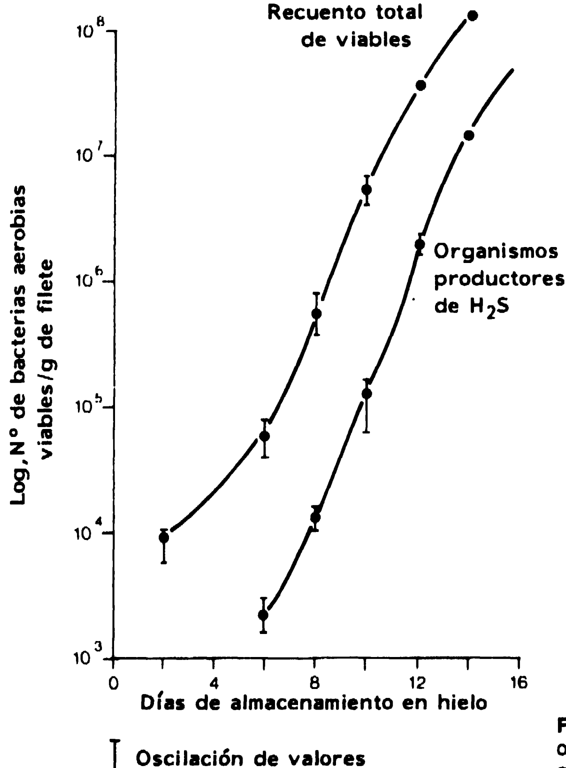


Figura 4.15. Incidencia de los organismos productores de H_2S en el deterioro del filete de bacalao (Herbert *et al.*, 1971).

OTMA y/o producir H_2S a partir de la cisteína (Jensen *et al.*, 1980). La capacidad para producir H_2S a partir del tiosulfato de sodio puede también detectarse directamente sobre un medio de recuento en placa (Capítulo 5).

Las bacterias más activas de las específicas del deterioro en pescado enfriado son gram-negativas, bacilos psicrófilos como *Alteromonas putrefaciens* y ciertos *Pseudomonas, Vibrio* y *Aeromonas* spp. (Shewan, 1977).

Rancidez

Los cambios más importantes que tienen lugar en la fracción lipídica son los procesos de oxidación, de naturaleza puramente química, pero también la degradación enzimática (enzimas microbianas o del tejido) juega un papel de

consideración. Con pescado graso, en particular, estos cambios conducen a serios problemas de calidad, como sabores y olores rancios y decoloraciones.

En principio se observan dos tipos de rancidez:

1. La autooxidación, que es una reacción que involucra oxígeno y lípidos no saturados.

2. La autólisis de lípidos, que es una hidrólisis enzimática cuyos productos más importantes son ácidos grasos libres (AGL) y glicerol.

Autooxidación

Existen aún muchos aspectos de la autooxidación que no están suficientemente claros. Sin embargo, se sabe que el primer paso conduce a la formación de hidroperóxidos, que un número alto de dobles ligaduras hace a los lípidos más lábiles y que el proceso es autocatalítico.

La formación de hidroperóxidos involucra reacciones en cadena por radicales libres. No se conoce en detalle la degradación de hidroperóxidos, pero algunos de ellos dan lugar a cetonas sin ruptura de la cadena carbonada. Otros compuestos con olores y sabores rancios se forman después de la partición de la cadena de carbonos. Estos compuestos, después de nuevas rupturas, resultan ser solubles en agua y pueden por ello ser un suministro accesible para la degradación microbiana dando CO_2 y H_2O.

Las reacciones en cadena por radicales libres se inician fácilmente y una vez comenzadas son autolíticas. El radical libre reacciona con el oxígeno formando el radical peróxido, el cual reacciona con el sustrato para dar hidroperóxido y otro radical libre, etc.

La oxidación puede ser iniciada y acelerada por calor, luz (especialmente luz UV) y diversas sustancias orgánicas e inorgánicas. De estas últimas, Cu y Fe (a menudo encontrados como sales) son catalizadores muy activos y por ello poseen un fuerte efecto pro-oxidante.

Son varios los antioxidantes naturales. Un tipo es el alfatocoferol (vitamina E) que interfiere en la propagación de nuevos radicales; se lo encuentra en muchos aceites vegetales poliinsaturados como el aceite de germen de trigo, el aceite de semillas de algodón y el aceite de soja. El ácido ascórbico (vitamina C) y, hasta cierto punto, los carotenoides son considerados también antioxidantes así como el ácido cítrico. Los ácidos previenen la oxidación principalmente por inactivación de los iones metálicos. Algunos compuestos sulfurosos tienen un efecto antioxidante por reacción con hidroperóxidos en un proceso que no es por radicales. Los antioxidantes pueden también generarse durante el ahumado (humo de madera). Estos compuestos penetran en las capas externas y protegen contra la rancidez.

Rancidez causada por actividad enzimática

Este tipo de degradación de lípidos involucra tanto la actividad lipolítica, es decir hidrólisis de lípidos, como, en el caso de la descomposición de ácidos grasos, la actividad lipooxidante. La hidrólisis de lípidos puede ser efectuada por lipasas microbianas o endógenas. Debe señalarse que en muchas especies los AGL se desarrollan más rápidamente en el pescado no eviscerado que en el eviscerado, indicando esto que las vísceras contienen enzimas lipolíticas. El primer paso en la reacción es una hidrólisis que descompone a los triglicéridos en glicerol y ácidos grasos libres. Durante el almacenamiento en frío del pescado eviscerado esta hidrólisis es de menor importancia, pero durante el almacenamiento de pescado entero a temperaturas elevadas se desarrolla una considerable cantidad de AGL (Figura 4.16).

No ha sido establecida una correlación clara entre la cantidad de AGL y el grado de rancidez o sabor ajabonado. No se conocen en detalle descomposiciones adicionales que puedan sufrir los ácidos grasos. Algunos microorganismos tienen lipooxidasas que activan la cadena de los ácidos grasos en una reacción con el O_2. Los productos de reacción fácilmente se descomponen en aldehídos, cetonas, etc., que son típicos de los sabores rancios.

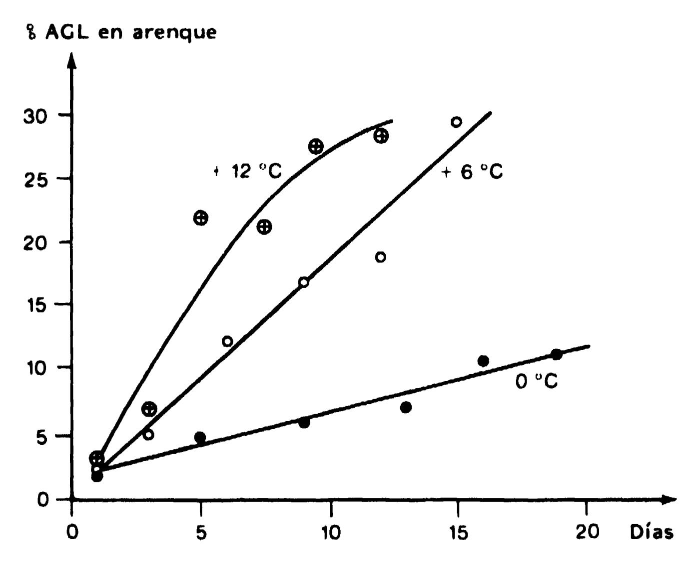


Figura 4.16. Desarrollo de ácidos grasos libres en arenque almacenado a diferentes temperaturas (Dinamarca, Ministerio de Pesca).

Cambios físicos

Cambios en el pH

Como se ha mencionado anteriormente, el pH del tejido muscular del pescado vivo es cercano a la neutralidad. Debido a la formación anaerobia post-mortem de ácido láctico, el pH disminuye normalmente dentro de los primeros días después de la muerte. Durante los cambios post-mortem posteriores, el pH es más o menos constante o aumenta ligeramente debido a la formación de compuestos básicos.

El pH post-mortem inicial varía según las especies, el área de pesca y la época del año. El método de captura pareciera no influir en el valor final del pH post-mortem (Love, 1980). Puesto que el músculo del pescado no es muy vascularizado, el ácido láctico formado por los esfuerzos durante la captura no se elimina fácilmente del músculo. Por ello, se acumula la misma cantidad de ácido láctico haciendo caso omiso de la intensidad del esfuerzo muscular antes de la muerte. La variación estacional del pH de la carne está relacionada con la reserva de energía del pescado, p.ej. glucógeno del hígado y glucógeno del músculo. Sin embargo, después de la muerte, gran parte del glucógeno se descompone hidrolíticamente en glucosa (Tarr, 1972) por lo que no hay una correlación directa entre contenido de glucógeno y pH post-mortem. Como ya se ha mencionado, el pH post-mortem puede variar considerablemente (pH 5,4-7,2). Se ha demostrado empíricamente que algunas de las diferencias son específicas de la especie, y experimentalmente que factores como inanición y sobrealimentación influyen en el pH; pero muchas preguntas han quedado aún sin respuesta. Aun cuando los cambios en el pH son más bien pequeños, tienen una gran importancia tecnológica. De acuerdo a Love (1980) el pH post-mortem es el factor más significativo que influye en la textura de la carne y en el grado de desgajamiento, es decir, la ruptura del tejido conectivo (miocomata). Una de las razones de ello es que aun cambios leves en el pH afectan drásticamente las propiedades del tejido conectivo. Así, la fuerza mecánica a pH 7,4 es cuatro veces más violenta que aquella a pH 6,2. Puesto que el desgajamiento llega a ser más pronunciado cuando se congela el pescado, se sugiere que el bacalao con un pH por debajo de 6,7 no se utilice para congelación (Love, 1980).

Cambios en el potencial de óxido-reducción (Eh)

En todas las formas de vida los sustratos son oxidados, y así producen energía. Este proceso puede ser dividido en tres tipos:

1. Reacción con el oxígeno (hidrólisis + deshidratación).
2. Eliminación de hidrógeno (electrón + protón).
3. Transferencia de electrón:

$$(Fe^{+2} \rightarrow Fe^{+3} + e\ ).$$

Estas reacciones tienen en común la transferencia de un electrón. Una sustancia es oxidada cuando suministra un electrón. Tal sustancia se denomina agente reductor. Otras sustancias aceptan electrones, con lo cual resultan reducidas; se denominan agentes oxidantes.

$$De^- \quad + \quad A \quad \rightleftharpoons \quad D \quad + \quad Ae \quad + \quad \text{Energía}$$

Dador de electrones	Aceptor de electrones	Estado oxidado	Estado reducido

Estos sistemas de transferencia electrónica son llamados sistemas de óxido-reducción o sistemas redox.

El potencial redox, Eh, del sistema es la diferencia entre el potencial de reducción de la reacción y el electrodo de hidrógeno, que tiene por definición un potencial de reducción de 0 V. De ello, el potencial redox es una medida de la tendencia del sistema a suministrar o aceptar electrones. Como puede verse en la Figura 4.17, los electrones se mueven hacia sistemas con Eh más altos.

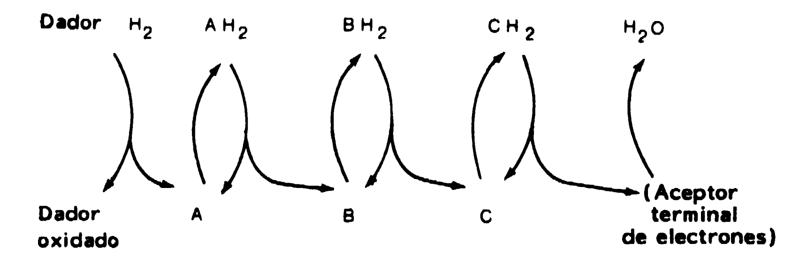


Figura 4.17. Cadena de transporte electrónico. $Eh\ A < Eh\ B < Eh\ C < Eh\ O_2$ (Eh electrodo estándar de oxígeno = + 810 mV).

En los medios biológicos tienen lugar muchas reacciones simultáneas, algunas de las cuales dependen de la presencia de enzimas para comenzar. Por lo tanto, nunca se alcanza un estado estacionario termodinámicamente cierto, pero los valores medidos dan información acerca del nivel oxidante del sistema. Generalmente, las mediciones se realizan utilizando electrodos de platino y electrodos calomel como referencia. Es de gran importancia limpiar los electrodos a menudo y cuidadosamente, así como también calibrarlos en un medio bien definido.

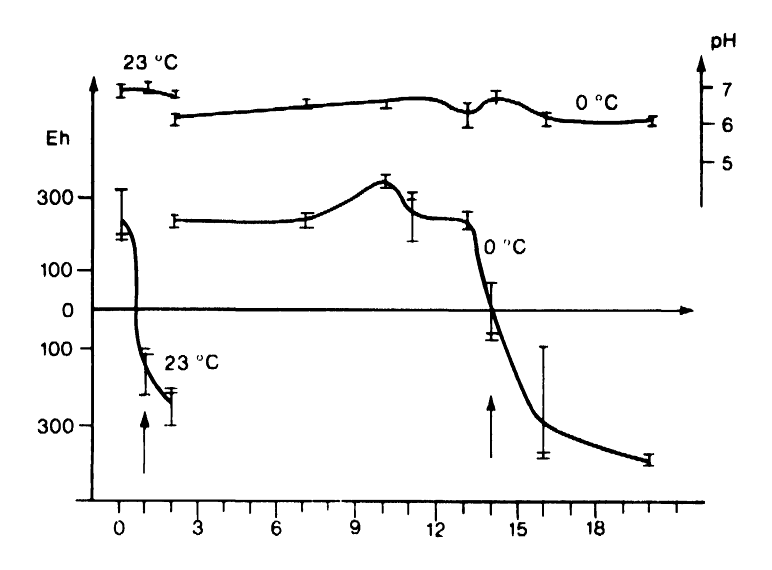
En el pescado recientemente capturado, el Eh siempre parece ser positivo en el tejido muscular (Huss y Larsen, 1979). En el tiempo durante el cual el pescado es calificado como no aceptable organolépticamente, el Eh disminuye rápidamente y permanece en valores bajos, negativos durante el posterior deterioro (Figuras 4.18 y 4.19).

De acuerdo con las figuras, parece existir una correlación fuerte entre Eh y la presencia de OTMA. En las muestras estudiadas, el Eh del músculo cae sincrónicamente con la reducción de OTMA a TMA, mientras que Eh en las vísceras es negativo directamente desde la captura, debido a los contenidos extremadamente bajos de OTMA en estos órganos. También se ha demostrado que en productos como la caballa salada (Figura 4.20), donde las bacterias reductoras del OTMA están inhibidas y por ello el nivel de OTMA es más o menos constante, el Eh no cambia significativamente y permanece positivo (Huss y Larsen, 1980).

Debe también señalarse que en los mamíferos, que a diferencia del pez no contienen OTMA, el potencial redox resulta negativo muy poco después de la matanza (Barnes e Ingram, 1955; Wirth y Leistner, 1970). Esto indica que el OTMA es el principal factor que influye en los cambios post-mortem del potencial redox del músculo de peces de agua de mar.

Cambios en las propiedades eléctricas

Es sobradamente conocido en forma empírica que las propiedades dieléctricas del tejido muscular cambian marcadamente después de la muerte. La naturaleza de estos cambios es, sin embargo, muy compleja, y hasta el momento, ni siquiera totalmente comprendida. Se ha sugerido que la disminución muy rápida de la capacidad, que ocurre dentro de pocas horas después de la muerte, es debida a una destrucción de la estructura ordenada del agua sobre la superficie de las proteínas (Jason y Lees, 1971). La gradual disminución de la resistencia se atribuye al deterioro de las membranas celulares. En el tejido muy fresco las membranas sólo son permeables a ciertos iones y por lo tanto se origina un potencial alrededor de cada una de ellas. La conducción de la pared celular es



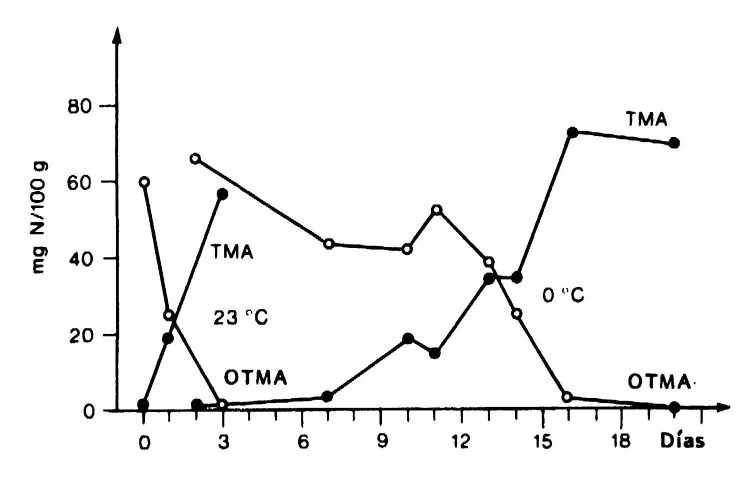
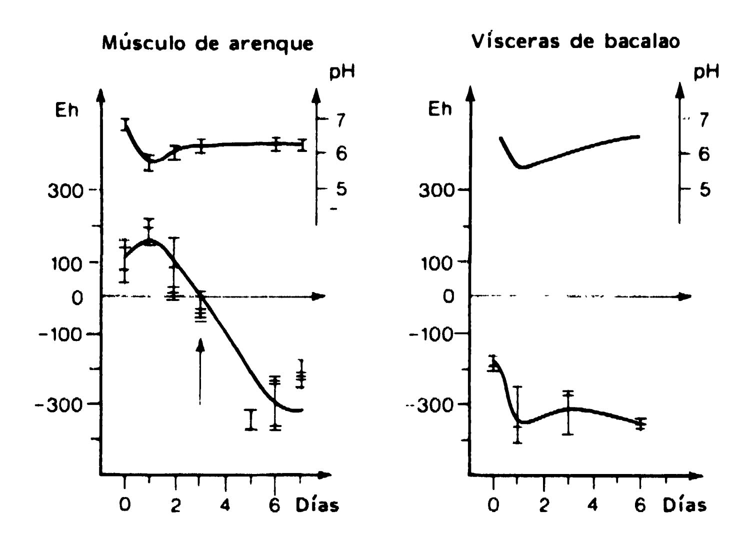


Figura 4.18. Algunos cambios físicos y químicos en músculo de bacalao envasado al vacío y almacenado a 0° y 23°C. Las flechas indican el tiempo en el cual las muestras se juzgaron inaceptables (Huss y Larsen, 1979).



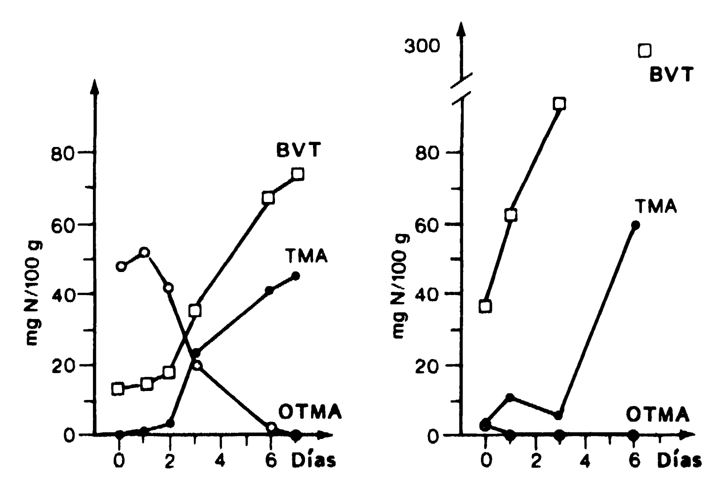


Figura 4.19. Algunos cambios físicos y químicos en músculo de arenque envasado al vacío y vísceras de bacalao almacenados a +10°C (Huss y Larsen, 1979).

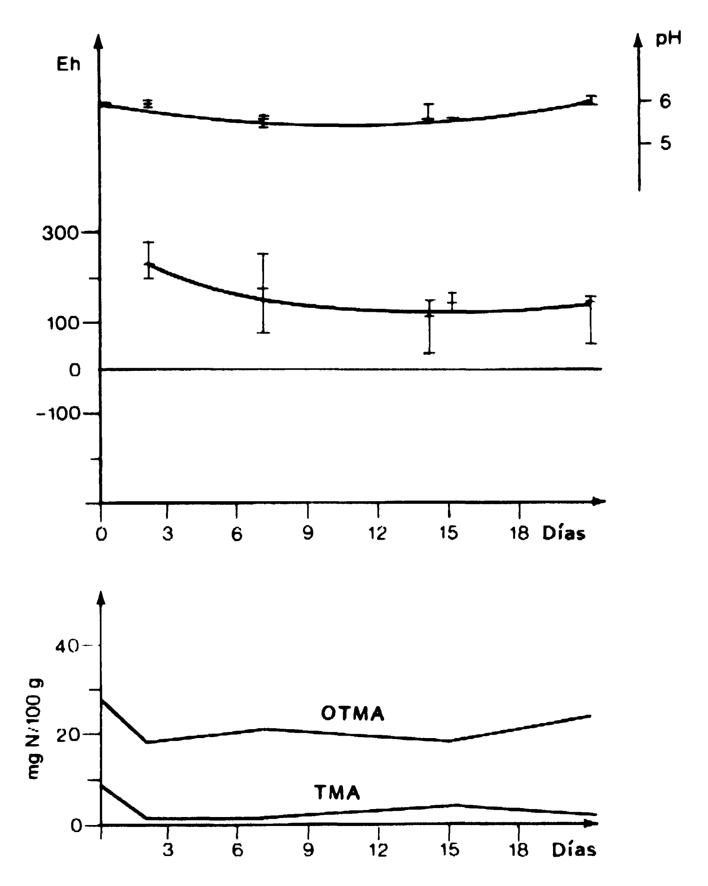


Figura 4.20. Algunos cambios físicos y químicos en caballa (*Scomber scombrus*) salada, envasada al vacío, con 8 por ciento de NaCl en la fase acuosa, almacenada a +10°C (Huss y Larsen, 1980).

muy baja y la resistencia es alta. Durante el almacenamiento las membranas se vuelven cada vez más permeables a los portadores de cargas, resultando así una resistencia baja.

Muchos factores pueden influir sobre las propiedades eléctricas, tales como la cantidad de grasa y la temperatura de la muestra. Además, el daño mecánico al tejido así como la congelación conducen a cambios considerables. Todos estos factores deben tenerse en cuenta si las propiedades eléctricas del tejido de pescado son usadas con propósitos de control de calidad (Capítulo 5).

5. Evaluación de la calidad del pescado

La palabra calidad es ampliamente usada y con muchos significados. En la industria pesquera el término « calidad del pescado » se relaciona a menudo con especies costosas o con el tamaño del pescado. Un pescado considerado de calidad inferior por un procesador puede ser demasiado pequeño o estar en muy malas condiciones para ciertos procesos, lo que resultaría en bajos rendimientos y beneficios. Muy a menudo, sin embargo, la calidad es sinónimo de apariencia y frescura y se refiere al grado de deterioro que ha sufrido el pescado. Por último, para las autoridades gubernamentales, que están principalmente interesadas en posibles peligros para la salud, buena calidad significa ausencia de agentes nocivos tales como parásitos, compuestos químicos y organismos patógenos.

Se han propuesto un gran número de métodos para evaluar los distintos aspectos de la calidad del pescado. Algunos de ellos han demostrado ser inadecuados para tal propósito, y otros han sido útiles sólo en situaciones muy específicas o para un número limitado de especies de pescado o productos.

Métodos sensoriales

Con estos métodos se evalúan la apariencia, textura, olor y sabor de una muestra de pescado usando los sentidos del ser humano. Son los métodos que aplica el consumidor y que dan la mayor idea de frescura o grado de deterioro y de aspecto general.

La desventaja de los métodos sensoriales es que son en cierto grado subjetivos y dependen de individuos que juzgan según sus gustos, prejuicios, fatiga y habilidad de expresar sus sensaciones cuando evalúan un producto de pescado. Sin embargo, con un entrenamiento adecuado estas dificultades pueden eliminarse.

Muchas de las evaluaciones sensoriales de la calidad se efectúan sobre la base de una sola persona, es decir, un funcionario pesquero o un comprador de pescado. Su experiencia le permite evaluar lotes de pescado y corregir errores en las prácticas de manipuleo, o correlacionar calidad y precio.

En otras situaciones es necesaria una evaluación más objetiva y descriptiva. En este caso, el mismo lote de pescado es evaluado por un número determi-

nado de jueces, cuyos juicios se traducen a un sistema de puntuación que permite que los resultados sean fusionados, promediados y analizados por la estadística corriente. El número de jueces requerido en este tipo de análisis es alrededor de seis, pero el uso de grupos entrenados debe ser restringido a trabajos experimentales, donde se recopilan perfiles descriptivos de cambios de calidad, o a grandes compañías, que elaboran productos de marca de reconocida calidad.

Todos los institutos de tecnología del pescado involucrados en ensayos de almacenamiento necesitan desarrollar y mantener un grupo de degustación experimentado y destinar un espacio aparte específicamente para este propósito. Los juicios sensoriales se ven influenciados por factores externos y por lo tanto el espacio que se destine al grupo de degustación deberá estar provisto de suficiente luz, protegido contra ruidos y olores extraños y preferiblemente dividido en compartimientos separados para cada juez (véase la Figura 5.1).

La mayor parte de la gente, para evaluar la calidad del pescado, tiende a pensar en términos de preferencia o agrado/desagrado, pero estas escalas son útiles sólo para predecir la respuesta del consumidor a nuevos productos, etc. Para precisar diferencias entre muestras se utilizan los ensayos de comparación



Figura 5.1. Evaluación organoléptica de muestras de pescado en el Laboratorio Tecnológico del Ministerio de Pesca de Dinamarca.

de pares y de triángulo. Si la calidad ha de ser medida de un modo más objetivo, se requiere un sistema de puntuación.

Se dispone de un gran número de esquemas para la evaluación sensorial. En algunos casos el sistema aceptación/rechazo es suficiente. Otro sistema, que está en funcionamiento en Canadá, utiliza un sistema de tres grados donde:

Grado I: ausencia evidente de deterioro.

Grado II: signos de inicio de deterioro.

Grado III: rechazo.

Este sistema se puede desarrollar en detalle como se muestra en el Cuadro 5.1. Así, a medida que se adquiere experiencia, es posible mejorar la puntuación pasando de una escala de sólo dos clasificaciones (aceptación/rechazo) a una de diez puntos.

En el Cuadro 5.2 sólo se consideraron olor y sabor (crudo y cocido). En algunos casos la textura y la apariencia del pescado serán de igual importancia, y estos atributos deben incluirse en el cuestionario u hoja de puntuación que se entregue a cada juez. En el Cuadro 5.2 se da un ejemplo. De cualquier modo, son posibles muchas variaciones y, para algunas especies, pueden requerirse modificaciones.

CUADRO 5.1. **Sistema de clasificación y puntuación para la evaluación de frescura basado en el olor y el sabor de pescado crudo y cocido**

		Grado		Puntaje
Aceptable	Ausencia de olores y sabores extraños	I	Olor y sabor característicos	10
			de las especies,	9
			muy fresco, algas marinas	8
			Pérdida de olor/sabor	7
			Neutro	6
	Ligeros olores y sabores extraños	II	Ligeros olores/sabores extraños	5
			como arratonado, a ajo, a pan, ácido, a fruta, rancio	4
		Límite de aceptabilidad		
Rechazo	Fuertes olores y sabores extraños	III	Fuertes olores/sabores extraños	3
			como a repollo pasado NH_3	2
			H_2S o sulfuro	1

CUADRO 5.2. **Cuestionario modelo. Cada juez evalúa las muestras y marca sus decisiones en el lugar apropiado y da un puntaje total de calidad. Así, la Muestra A ha tenido un puntaje bajo debido principalmente a decoloración y rancidez mientras que la Muestra B debe su bajo puntaje al deterioro**

Código de la Muestra	**A**	**B**	**C**
Color			
normal		x	x
coloración	x		
Olor/sabor			
fresco y característico de la especie			x
pérdida de olor/sabor			
neutro			
olor/sabor extraño			
no específico			
rancio	x		
viejo/pasado		x	
podrido			
Textura			
firme	x		x
blanda		x	
correosa, dura, fibrosa			
Otros comentarios			
Puntaje total de calidad	4	4	10

Nombre **Fecha**

Métodos químicos

Composición

La composición química es un aspecto importante de la calidad del pescado e influye tanto en el mantenimiento de la calidad como en las características tecnológicas del pescado. Dado que la composición varía considerablemente según la época del año y el área de pesca, a menudo es necesario hacer más de un análisis. El contenido de *agua* se determina tomando una muestra representativa, secándola en estufa y calculando el peso del agua eliminada. El contenido de *proteína* se evalúa por determinación del contenido de nitrógeno (método de Kjeldahl) de la muestra multiplicado por 6.25 (a la inversa del contenido de nitrógeno en la proteína). La determinación del contenido de *grasa* se efectúa en una muestra pesada extrayendo la grasa por medio de un solvente (cloroformo/metanol), evaporando luego dicho solvente y pesando el residuo de grasa seco (Bligh y Dyer, 1959). El contenido de *minerales* o cenizas se determina calcinando el material orgánico a alta temperatura y pesando los residuos, a partir de un peso inicial de la muestra conocido.

Trimetilamina (TMA)

El método químico más comúnmente usado para evaluar la calidad del pescado es la estimación de TMA. Es uno de los compuestos básicos volátiles que se encuentra en muy pequeñas cantidades en el pescado fresco, pero que se acumula durante el deterioro en el pescado de agua de mar como resultado, principalmente, de la reducción bacteriana del óxido de trimetilamina (OTMA). Esto significa que el análisis no da ninguna información acerca de los primeros cambios autolíticos o del grado de frescura pero sí acerca de los cambios posteriores o del grado de deterioro.

La Figura 5.2 muestra el desarrollo de TMA durante el almacenamiento de bacalao en hielo (0°C). Se ha comprobado que el pescado de agua fría de buena calidad contiene menos de 1,5 mg N-TMA/100 g de pescado, siendo generalmente considerado como límite de aceptabilidad para el consumo humano un contenido de 10-15 mg N-TMA/100 g (Connell, 1975). Debe señalarse que estos valores son sólo aplicables a pescado conservado en hielo. Durante el almacenamiento anaerobio se forman cantidades mucho más grandes de TMA, por ejemplo, envasado al vacío o almacenamiento en agua de mar refrigerada (véase el Capítulo 4) y en el caso de procesos como el salado.

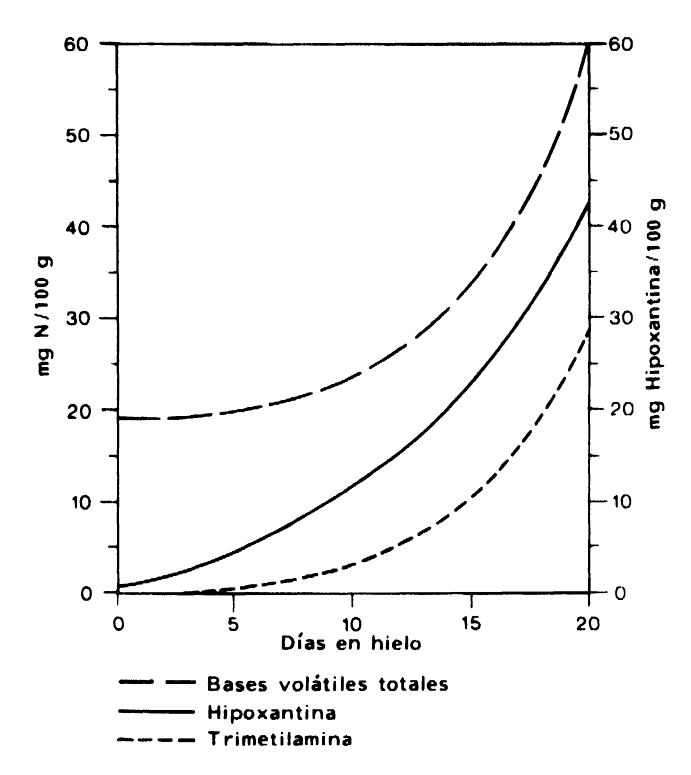


Figura 5.2. Cambios en la concentración de bases volátiles totales, hipoxantina y trimetilamina de bacalao almacenado en hielo (Connell, 1975).

En estos y muchos otros casos no existe correlación entre el desarrollo de TMA y la calidad organoléptica (Ruiter, 1971).

Existen otras razones del porqué la TMA no resulta generalmente útil como índice de calidad del pescado. Naturalmente este ensayo no puede aplicarse a los pescados de agua dulce, dado que estas especies no contienen OTMA. En especies de agua de mar, la velocidad de aumento de TMA varía de especie a especie. En solla (*Pleuronectes platessa*) y arenque (*Clupea harengus*), dos especies importantes de aguas moderadamente frías, no se forma suficiente TMA durante el deterioro como para ser analizada (Connell, 1975). Como han señalado Poulter *et al.* (1981), y Amu y Disney (1973), lo mismo puede aplicarse a especies de pescado tropical. En contraposición con esto, Curran *et al.* (1980, 1981a, b) han demostrado que en algunas espe-

cies de pescado tropical se forman grandes cantidades de TMA. Estos autores sugieren que la TMA puede usarse como un indicador del punto de deterioro incipiente pero, cuando estos pescados son rechazados, el nivel de TMA está por encima de los límites sugeridos para especies de agua fría.

Existen muchos métodos y modificaciones de ellos para la estimación de la TMA, como ha sido reseñado por Shewan *et al.* (1971) y Hebard *et al.* (1982). Los primeros autores expresan que el clásico método de microdifusión de Conway (Conway y Byrne, 1933), modificado por Beatty y Gibbons (1937), es simple, no es costoso, es bastante exacto, reproducible y ampliamente usado. Sin embargo, los autores señalan algunas desventajas como la necesidad de una limpieza cuidadosa de los aparatos y de una exactitud en la titulación, que son esenciales. Un método de determinación de TMA también utilizado ampliamente es el método colorimétrico de Dyer (1945) usando ácido pícrico, pero ha sufrido un número de modificaciones como señalan Hebard *et al.* (1982) en la recopilación efectuada. Se mencionan también otros métodos para la determinación de TMA como los cromatográficos, automáticos, enzimáticos y electrodos específicos para TMA. Para el procedimiento detallado de cada método, deben consultarse las publicaciones originales.

Bases volátiles totales (BVT)

Un método alternativo para estimar la TMA es la medición del contenido total de compuestos básicos volátiles. En la Figura 5.2 se muestra el desarrollo de BVT, considerándose como límite de aceptabilidad para pescado de agua fría conservado en hielo un contenido de BVT de 30-35 mg N-BVT/100 g (Connell, 1975).

El método tiene los mismos inconvenientes mencionados para TMA. Así, el contenido de BVT es bajo durante el período de almacenamiento en el cual el pescado es comestible, y sólo cuando el mismo está cercano al rechazo el contenido de BVT aumenta rápidamente. En otras palabras, al igual que con la TMA, los valores de BVT no pueden utilizarse para estimar el grado de frescura en las primeras etapas del almacenamiento pero sí en las últimas etapas para la evaluación del grado de deterioro.

También existe gran variación en el desarrollo de BVT entre las distintas especies. Sin embargo, el método tiene una amplia aplicación ya que puede usarse para especies de pescado que contienen cantidades pequeñas o nulas de OTMA. Otras bases volátiles distintas de la TMA resultan también muy útiles para evaluar la calidad de especies que las forman durante su almacenamiento. Este es el caso del camarón, del pulpo y de los elasmobranquios, en los que el deterioro se caracteriza por la formación de amoníaco.

Productos de la degradación de nucleótidos

La desfosforilación post-mortem de nucleótidos se ha estudiado con el propósito de encontrar un nuevo índice de calidad del pescado (Jones y Murray, 1964). Estos procesos forman parte de los primeros cambios autolíticos y por lo tanto proveen de información útil acerca del grado de frescura durante la primera etapa del período de almacenamiento. Como era de suponer, existen grandes diferencias entre las especies respecto de la velocidad de degradación de los nucleótidos (véanse las Figuras 4.4 y 4.6), e incluso existen diferencias dentro de la misma especie debidas a muestreo inconsistente, tamaño del pescado y factores del medio. Así se sabe, por ejemplo, que el contenido de Hx es mayor en el músculo oscuro y la piel que en el músculo blanco (Fraser Hiltz *et al.*, 1971).

A pesar de los factores antes mencionados que limitan el uso de la determinación de Hx, se ha demostrado que la misma es útil como ensayo objetivo de calidad para ciertas especies de pescado de aguas templadas (Burt, 1977) y algunas especies tropicales (Amu y Disney, 1973; Curran *et al.*, 1981a; 1981b).

La determinación de Hx es bastante trabajosa y requiere cierta práctica. Burt *et al.* (1968) informaron sobre un ensayo bioquímico rápido modificando el ensayo de Hx por un método colorimétrico que emplea un indicador redox. Jahns *et al.* (1976) desarrollaron un método que emplea una tira de papel sensible a Hx impregnado con xantina oxidasa, buffer, gelatina y resazurina.

Investigadores japoneses consideran que el valor-K (véase el Capítulo 4) se correlaciona mejor con la frescura del pescado que el contenido de Hx. Pescados de la mejor calidad (comestibles en estado crudo) tienen, de acuerdo a Ehira (1976), un valor-K de 20 por ciento o menos. Se han descrito algunos métodos cromatográficos para medir el valor-K, como la cromatografía de intercambio (Uchiyama y Kakuda, 1984) y separación de pares de iones en fase reversa por cromatografía líquida de alta presión, CLAP (Murray y Thomson, 1983) como así también métodos basados en el uso de enzimas (Uda *et al.*, 1983).

Medida de la rancidez oxidante

Los lípidos del pescado, altamente lábiles, son susceptibles a la oxidación. En la primera etapa se forman peróxidos, y siendo estos compuestos inodoros e insípidos, son a menudo detectados químicamente antes que la rancidez se detecte organolépticamente. Los peróxidos luego pueden oxidarse a aldehídos y cetonas, que tienen olor y gusto desagradables, «a pescado» o «rancios».

Se dispone de ensayos para medir ambas fases de la oxidación de lípidos. El valor de peróxido (VP) da una medida de la primera etapa y el valor de ácido tiobarbitúrico (ATB) de la segunda, pero desafortunadamente ninguno de los dos tienen buena correlación con la evaluación sensorial de la rancidez. Connell (1975) indica que si el VP es superior a 10-20 (las unidades son ml de tiosulfato de sodio 0,002 N requeridos para titular la iodina liberada por 1 g de grasa extraída del pescado) o el valor de ATB es superior a 1-2 (micromoles de malonaldehído presente en 1 g de grasa), el pescado probablemente huela y tenga gusto a rancio. Los valores de VP y ATB pueden calcularse por los métodos descriptos por Lea (1952) y Vyncke (1975).

Métodos físicos

Propiedades eléctricas

Desde hace tiempo se sabe que las propiedades eléctricas de la piel y el tejido muscular cambian después de la muerte y podrían proporcionar información acerca de los cambios post-mortem o grado de deterioro. Sin embargo, se han encontrado muchas dificultades en desarrollar un instrumento para tal fin: por ejemplo, variación de especies, variación dentro del lote de pescado, diferentes lecturas del instrumento cuando el pescado está dañado, congelado, fileteado, desangrado o no desangrado, y una correlación deficiente entre lectura del instrumento y análisis sensorial (véase también el Capítulo 4). Se sostiene que muchos de estos problemas están superados por un instrumento recientemente desarrollado, el GR Torrymeter. Sin embargo, éste no es apto para medir la calidad o frescura de un pescado solo, pero encuentra aplicación en la calificación de un lote de pescado, como se muestra en la Figura 5.3.

pH y Eh

Se sabe que el pH de la carne de pescado proporciona cierta información valiosa acerca de su condición (véase también el Capítulo 4). Las mediciones se llevan a cabo por medio de un pH-metro, colocando los electrodos (vidrio-calomel) ya sea directamente dentro de la carne o bien dentro de una suspensión de la carne de pescado en agua destilada.

Las mediciones de Eh no se realizan habitualmente pero es probable que un ensayo de frescura pueda estar basado en este principio (véase el Capítulo 4).

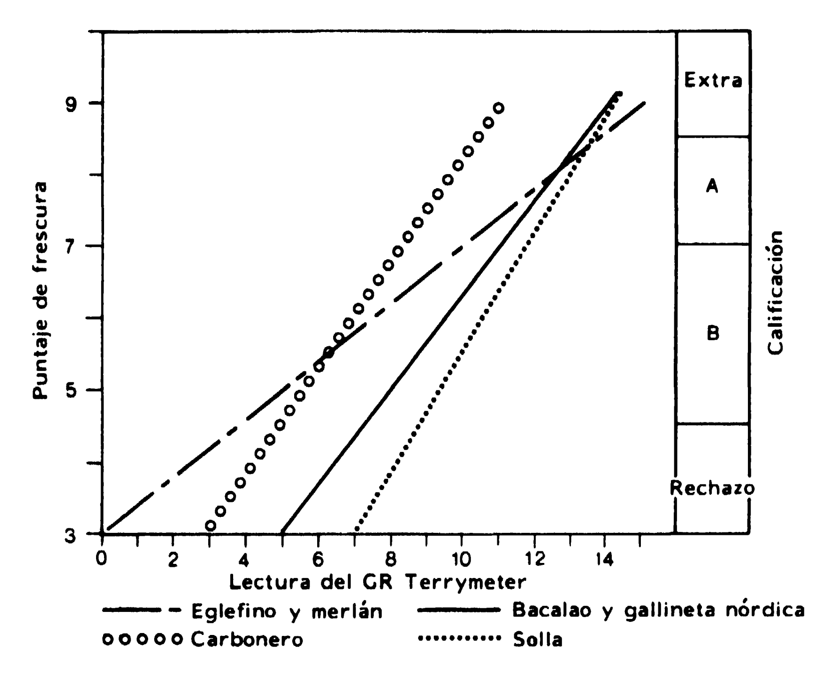


Figura 5.3. Relación entre lecturas del GR Torrymeter y frescura de varias especies de pescado (Cheyne, 1975).

Medida de la textura

La textura es una propiedad muy importante de la carne de pescado, ya sea crudo o cocido. Una buena medida es la que se obtiene por evaluación organoléptica, en la cual la textura se juzga de acuerdo a varios términos descriptivos. Durante mucho tiempo ha habido necesidad de una evaluación instrumental de la textura de la carne de pescado, de modo que pueda ser descrita por términos físicos y designada por números objetivos.

Resulta bastante dificultoso obtener resultados reproducibles en la evaluación instrumental de la textura. Aquí se describen, brevemente, tres de las tantas maneras propuestas.

Johnson *et al.* (1980) señalan un método designado como de deformación a la compresión para la medición de dureza/blandura de la carne de pescado. Una muestra cortada exactamente se comprime por medio de un émbolo y se registra la curva de esfuerzo a la deformación. El módulo de deformación se

calcula mediante el gráfico registrado. Los resultados de tales mediciones pueden ser, sin embargo, difíciles de interpretar.

Dunajski (1980) investigó otro método, midiendo la fuerza de corte de la carne de pescado. De este trabajo se concluye que puede emplearse una celda de fuerza de corte de hoja delgada del tipo Kramer.

El tercer método ha sido desarrollado por investigadores islandeses (Salomonsdottir y Bjarnason, 1975). En él se determina la fuerza de rotura generada al poner una muestra de filete de pescado entre dos placas paralelas de metal equipadas con clavos de 2 cm de longitud, y haciendo deslizar las dos placas en direcciones opuestas. Como el filete se mantiene entremedio, y los clavos penetran en la carne, ésta se rompe en trozos cuando se mueven las placas. La fuerza de rotura así medida refleja las propiedades texturales de la carne de pescado, en particular su blandura.

Si se pueden minimizar a un nivel aceptable los problemas de reproducibilidad, la textura del pescado puede evaluarse por cualesquiera de los métodos mencionados. Sin embargo, sin considerar la técnica seleccionada, debe recalcarse que los resultados de textura obtenidos por vía instrumental deben ser tratados con sumo cuidado.

Medida de la capacidad de retener agua

Cuando se aplica una cierta presión sobre el músculo de pescado, los fluidos del tejido son expulsados. La medida del líquido liberado se usa para estimar la capacidad de retener agua, CRA (Hamm, 1972). La CRA varía con las condiciones físicas del pescado, estado o maduración sexual, desove, etc. Además, la CRA es baja cuando el músculo está en la fase de *rigor mortis* pero después se incrementa nuevamente. Luego de un almacenamiento prolongado generalmente disminuye. Existe también una correlación entre la CRA y otras propiedades físicas y químicas, por ejemplo, pH y contenido de sal.

El músculo con alta CRA es jugoso y calificado con alto puntaje organoléptico, mientras que aquel con baja CRA pierde la mayor parte de su agua en el primer mordisco y luego parece estar seco.

La capacidad de retener agua puede medirse por dos principios diferentes. El primero involucra cortar una muestra de tejido, ubicarla en un papel de filtro y colocar sobre ella un cierto peso. El agua liberada es absorbida por el papel de filtro y la cantidad se puede determinar por simple pesada del papel de filtro antes y después de aplicada la presión. Se han construido muchos dispositivos para el montaje del papel de filtro, muestra y peso sobre ella. El método más frecuentemente usado es el descrito por Karmas y Tuerk (1975). El segundo principio involucra ejercer una presión sobre la muestra de tejido

muscular por centrifugación. La muestra se coloca en el fondo de un tubo de centrífuga y es centrifugada por un cierto tiempo a una velocidad especificada. El líquido liberado quedará como una capa en la parte superior de la muestra. Para evitar la reabsorción del líquido después de finalizada la centrifugación, se han sugerido varias modificaciones. El primer método propuesto con tal propósito es el de Wierbicki *et al.* (1957) en el cual la muestra descansa sobre un disco perforado ubicado en la mitad de la longitud del tubo. El fluido muscular liberado pasa a través del disco y se recoge en el fondo. Se hicieron posteriores mejoras al respecto, y así el tubo modelo de centrífuga que se muestra en la Figura 5.4 es el usado regularmente en el Laboratorio Tecnológico del Ministerio de Pesca de Dinamarca.

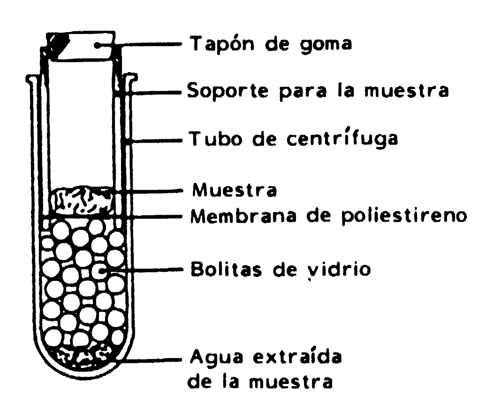


Figura 5.4. Soporte para la muestra y tubo de centrífuga para la medición de la capacidad ligante de agua en muestras de desmenuzado de pescado (Eide *et al.*, 1982).

La CRA se expresa usualmente en términos del agua retenida en el tejido como porcentaje de su contenido total de agua, lo que significa que este último debe ser determinado en forma separada.

Métodos microbiológicos

A diferencia de los otros métodos, los microbiológicos no dan ninguna información acerca de la frescura o calidad comestible del pescado. La finalidad de estos análisis es dar una imagen de la calidad higiénica del animal, el estándar de higiene durante el manipuleo y elaboración y la posible presencia de bacterias u organismos de importancia para la salud pública.

Recuento estándar en placa

El recuento estándar en placa (REP) es el número de microorganismos que se desarrollan en colonias claramente visibles cuando el ensayo se lleva a cabo bajo condiciones y procedimientos estándar. Un REP de pescado fresco y congelado tiene sólo valores limitados. Si se efectúa un recuento después de un muestreo sistemático y con un conocimiento total del manipuleo del pescado antes del muestreo, condiciones de temperatura, envasado, etc., el mismo dará una medida del grado total de contaminación microbiana y las condiciones de higiene aplicadas durante el manipuleo del pescado y su elaboración (Huss y Eskildsen, 1974). Debe señalarse, sin embargo, que no existe correlación entre REP y calidad comestible o tiempo de guarda del pescado, o entre REP y la presencia de bacterias de importancia para la salud pública.

La Comisión Internacional de Especificaciones Microbianas para Alimentos (ICMSF, 1974) recomienda que el REP debe llevarse a cabo usando « plate count agar » (PCA), con una incubación de las placas de 3-4 días a 25°C. Los límites microbiológicos aconsejados, en las condiciones alcanzables a través de una « buena práctica de elaboración » (BPE), están en el orden de 1-10 millones/g de pescado pero recuentos mayores son bastante normales en pescado tropical (Shewan, 1977).

Un REP también puede efectuarse reemplazando el « plate count agar » por « iron agar » (IA) (Jensen, 1980). Este medio es rico y normalmente da mayores recuentos que PCA. Además el IA contiene tiosulfato de sodio y ferrocitrato. Esto significa que las bacterias capaces de producir H_2S a partir del tiosulfato de sodio forman colonias negras debido a la formación de FeS. Estas bacterias están consideradas como verdaderas bacterias del deterioro del pescado dado que también son capaces de reducir el OTMA a TMA (resultados inéditos).

Normalmente, sólo se encuentra un número pequeño de organismos que deterioran el pescado fresco pero la proporción se incrementa durante el almacenamiento a bajas temperaturas (véase la Figura 4.14). La proporción entre recuento total y número de colonias negras puede además ser útil como medida del número de días que el pescado estuvo en hielo.

Bacterias coliformes termotolerantes (E. coli)

Las bacterias coliformes termotolerantes (coli fecal) son bacterias que fermentan lactosa y producen gases en caldo lauril sulfato dentro de un período de 48 +/−2h incubados a 37 +/−0,2°C y además producen indol en caldo triptona dentro de las 24 +/−2h incubándose a 44 +/−0,2°C. La ICMSF (1974) sugiere

el ensayo para la detección de estos organismos como un indicador de la contaminación post-captura, particularmente la contaminación de origen fecal. La mayor parte de los estándar microbiológicos o normas sugieren un límite de <100 *E. coli*/g de pescado. Generalmente el ensayo para *E. coli* se efectúa usando la técnica del « número más probable » (NMP). Debe señalarse que la alta sensibilidad de estas bacterias a temperaturas sub-cero hace que el ensayo para *E. coli* sea inapropiado como indicador de la contaminación fecal de pescado congelado.

Estreptococos fecales

El estreptococo fecal es un coco oval-oblongo gram-positivo, que se encuentra en pares o en cadenas cortas y desarrolla entera o parcialmente colonias rosas o rojo oscuro de cloruro de tetrazolium reducido en medio enterococci de Slanetz y Bartley dentro de un período de 48 +/−2h durante incubación a 37 +/ −0,2°C. Normalmente no se lo encuentra en pescado proveniente de aguas incontaminadas y su presencia puede entonces considerarse como indicativa de contaminación post-captura. Sin embargo, a diferencia de *E. coli*, el estreptococo fecal es capaz de multiplicarse en el medio. Esto significa que su presencia en el pescado no sólo indica necesariamente contaminación de origen fecal, sino también higiene deficiente durante el manipuleo y elaboración. Debido a su gran resistencia a las bajas temperaturas, el estreptococo fecal resulta útil como indicador de contaminación en pescado congelado y productos de pescado. La mayor parte de los estándar microbiológicos sugieren un límite de < 100 estreptococos fecales/g de pescado.

Staphylococcus aureus

El *Staphylococcus aureus* es un microorganismo aerobio o anaerobio facultativo, gram-positivo y esférico. Es coagulasa-positivo y fermenta glucosa. Algunas cepas pueden producir enterotoxinas.

El *Staphylococcus* no se encuentra en la microflora normal del pescado. El hábitat natural de este organismo es la piel y las mucosas de los animales y del hombre; el porcentaje de individuos saludables portadores es del 50 por ciento o más. La presencia de *Staphylococcus* en pescado es indicadora de contaminación post-captura debida a una deficiente higiene personal. Este organismo es un competidor de poco mérito y no se multiplica en el pescado. Sin embargo en productos de pescados o crustáceos donde la flora normal se reduce o elimina (p.ej., camarones pelados y cocidos o carne de cangrejo de mar), la pre-

sencia de estafilococos indica la toxicidad potencial del alimento. La ICMSF (1974) sugiere un límite microbiológico de 1 000 *Staphylococcus aureus*/g.

Salmonella *spp.*

La *Salmonella* spp. es un bacilo gram-negativo, aerobio o anaerobio facultativo, móvil no esporulado. El género se compone de cerca de 2 000 serotipos. Su hábitat es el intestino de los vertebrados y en su mayor parte son patógenos para el hombre y/o los animales. La *Salmonella* no debería encontrarse en los alimentos para consumo humano y para consumo animal. El ensayo de *Salmonella* es laborioso y costoso y sólo se aconseja para pescados y crustáceos de aguas cálidas capturados en áreas altamente contaminadas, o en casos de específico interés (p.ej., harina de pescado).

Vibrio parahaemolyticus

El *V. parahaemolyticus* es un bacilo aerobio y anaerobio facultativo, halofílico, a menudo con forma de coma, móvil gram-negativo. Se presenta naturalmente en pescados de aguas cálidas y, por lo tanto, no puede ser excluido de los productos pesqueros. El organismo es patógeno para el ser humano y se ha asociado a brotes de intoxicación por alimentos. Los ánalisis de *V. parahaemolyticus* deben ser aplicados a los productos procedentes de áreas donde la incidencia de este organismo es alta, y particularmente a los productos que son consumidos sin calentamiento previo. Los límites microbiológicos recomendados son < 100 *V. parahaemolyticus*/g de pescado (ICMSF, 1974).

6. Calidad y duración en almacén del pescado enfriado

Efecto de las especies de pescado, método de captura, zona y época de pesca

La duración en almacén de las diferentes especies varía en forma considerable, como puede verse en el Cuadro 6.1.

CUADRO 6.1. **Duración en almacén de diferentes especies de pescado**

	Duración en almacén (días en hielo)	
Aguas templadas:		
Especies marinas		
magras de carne blanca (bacalao, eglefino, merluza)	11-13	a, d
pescado plano (lenguado, solla)	15-18	a, d
hipogloso	21	a
pescado graso		
arenque de verano (graso)	2-4	a
arenque de invierno (magro)	12	a
Agua dulce sp.		
trucha	9-10	d
Aguas tropicales:		
Especies marinas		
Bahrein (3 especies)	13-25	b
Ghana (5 »)	19-22	b
Brunei	18-28	b
Sri Lanka	20-26	b, e
Seychelles	15-24	b
México (6 »)	21-30	b
Hong Kong (2 »)	30-31	b
India (4 »)	7-12	a, c
Agua dulce spp.		
Pakistán (2 »)	23-27	b
Uganda (5 »)	20-25	b
Este de Africa (4 »)	15-28	a, e

Fuentes: (a) Shewan, 1977; (b) Poulter *et al.*, 1982; (c) Varma *et al.*, 1983; (d) Dinamarca, Ministerio de Pesca; (e) talleres FAO/DANIDA, 1983.

En general, puede decirse que la duración en almacén es mayor para el pescado plano que para el cilíndrico, para el grande que para el pequeño, para el magro en almacenamiento aerobio que para el de alto contenido graso, para el óseo que para el cartilaginoso. Las razones de estas diferencias no son claras todavía. Una de las explicaciones que se dan para la larga duración en almacén del hipogloso (*Hippoglossus hippoglossus*), un pescado plano muy grande, es el período de rigor tan largo y el correspondiente pH post-mortem bajo. La duración en almacén comparativamente corta de los elasmobranquios puede explicarse por el alto contenido de urea (Cuadro 3.4) y el correspondiente rápido desarrollo post-mortem de amoníaco. Por último, el pescado con un alto contenido de grasa almacenado en presencia de aire se deteriora rápidamente debido al desarrollo de rancidez, proceso que a bajas temperaturas es mucho más rápido que el deterioro bacteriano.

Con respecto a los métodos de captura se sabe, por ejemplo, que la duración en almacén del pescado capturado con línea es mayor que el de aquel capturado por arrastre, pescado asfixiado debido al más bajo desarrollo del *rigor mortis*.

Hay otras diferencias que no son tan fáciles de explicar. Se han formulado varias teorías y existe cierta evidencia que sustenta la hipótesis de que una diferencia en el mucus del pescado puede explicar la diferencia en la duración en almacén (Shewan, 1977).

Existen además grandes diferencias entre las especies respecto de la velocidad de pérdida de frescura, medida por la descomposición de los nucleótidos y por lo tanto por los cambios en el valor-K (Ehira, 1976). No se conocen las razones de estas diferencias de autodegradación, pero estudios japoneses muestran que no existe correlación con el tipo de músculo (rojo o blanco), tipo de pescado (pelágico o demersal) o temperatura del hábitat.

Los datos presentados en el Cuadro 6.1 han sido la causa de que muchos investigadores indiquen que en general la duración del almacenamiento en hielo del pescado tropical es mayor que la correspondiente a pescados de aguas templadas (Shewan, 1977; Poulter *et al.*, 1982).

La explicación general de esto es que la flora bacteriana del pescado varía con el medio. Así, las bacterias psicrotróficas, que son las responsables del deterioro del pescado enfriado, constituyen una parte insignificante de la flora del pescado tropical mientras que son el grupo predominante en el pescado de aguas templadas (Shewan, 1977).

Sin embargo, esto fue examinado por Lima dos Santos (1981) en su crítica y exhaustiva recopilación de datos sobre más de 200 experiencias de almacenamiento de más de 100 pescados tropicales diferentes. Dicho autor informa que sus datos son difíciles de analizar, pero pueden formularse algunas conclusiones generales. Resulta evidente que al pescado tropical le corresponde gene-

ralmente una duración en almacén larga (3 semanas o más), siendo esto muy raro en el pescado de aguas templadas. Sin embargo, también es claro que una duración del almacenamiento en hielo de sólo 1-2 semanas, común en el pescado de agua fría, se observa frecuentemente también en algunas especies de pescado tropical.

Sea cual fuere la razón, no es quizás tan sorprendente que una gran caída de temperatura (hasta 30°C) en el enfriamiento con hielo del pescado tropical tenga un efecto pronunciado sobre la flora microbiana y las enzimas autolíticas. Pero es más sorprendente que el pescado capturado en aguas árticas, donde la temperatura es de 0-1°C, tenga una duración del almacenamiento en hielo de 10-12 días.

Poulter *et al.* (1982) señalan que la larga duración en almacén de los pescados tropicales tiene una implicación práctica y comercial importante. El pescado capturado cerca de los centros poblados, donde sólo es necesaria una duración en almacén de unos pocos días, no requiere necesariamente ser mantenido a 0°C; en otros casos, allí donde se necesitan de 3 a 4 semanas para el transporte y distribución del pescado, se prefiere el almacenamiento en frío en lugar del almacenamiento congelado.

La velocidad de deterioro de una especie de pescado en particular, o de especies estrechamente relacionadas, está además influenciada por el área de pesca. Huss y Asenjo (1977b) demostraron que el modelo de deterioro de la merluza sudamericana (*Merluccius merluccius*) capturada en aguas argentinas, chilenas o peruanas varía considerablemente.

Nuevamente la razón de esto no resulta clara pero puede estar relacionada con diferencias en el contenido de grasa, su localización en el pescado y la cantidad de músculo oscuro.

Como se ha señalado antes, un parámetro muy importante en el deterioro del pescado es el pH (véase el Capítulo 4). No obstante, este parámetro también muestra variaciones dentro de la misma especie según el área de pesca y la época del año. Estudios ingleses (Love, 1975) ilustran un pH post-mortem ligeramente menor en el bacalao capturado en las Islas Feroe respecto del capturado en las cercanías de Aberdeen o cerca de la costa septentrional de Noruega. Debido a estas diferencias en el pH, el bacalao de las Islas Feroe tiene en general una duración del almacenamiento en hielo algo mayor, pero tiene una marcada tendencia a presentar desgajamiento y defectos texturales si se lo congela.

Otras variaciones estacionales importantes de la calidad del pescado son los cambios relacionados con el ciclo reproductivo. En el pescado en el que se han agotado gravemente las reservas antes del desove (como el bacalao), y con un correspondiente contenido de agua alto (véase el Capítulo 2) se reducen tanto la calidad como el valor nutricional.

Sabores extraños relacionados con el área de pesca

Ocasionalmente se captura pescado con sabores extraños, y en ciertos lugares esto constituye un fenómeno bastante común. Muchos de estos sabores extraños se asocian a ciertos organismos como un molusco planctónico, *Spiratella helicina*, o la larva de *Mytilus* sp. con que se alimenta el pez. El primero da un sabor como a «aceite mineral» o «petróleo». Esto es debido a dimetil-β-propiotetina que se convierte en el pescado en dimetilsulfuro (Connell, 1975). El segundo da un gusto amargo en el arenque. Se sabe además que el bacalao de Spitsbergen da olores similares a iodo (Love, 1980). Un olor extraño muy conocido en especies de agua dulce es el terroso-lodoso, tanto en las variedades desarrolladas en su medio natural como en cultivos. La razón no se ha identificado pero se estima que el efecto es causado por el consumo de un *Actinomycetes* sp. con un olor similar (Love, 1980).

Coloraciones relacionadas con el área de pesca y método de captura

El consumidor normalmente desconfía al ver coloraciones en un producto y esto se considera un serio defecto aun cuando la calidad alimenticia no esté necesariamente alterada. El caso más común es la presencia de coágulos de sangre y manchas oscuras que aparecen en el pescado de carne blanca. Estas coloraciones se deben a un manipuleo rudo (p.e.j. tiempos de arrastre largos, trato manual deficiente, uso de horquillas) del pescado entero y no desangrado. Por tanto, estas coloraciones se desarrollan en las primeras etapas de manipuleo de la captura. Idealmente, el pescado debería estar vivo cuando se lo sube a bordo y el riesgo de defectos en el color resultaría reducido con un adecuado manipuleo, desangrado rápido y enfriamiento. La sangre del pescado continúa circulando hasta 30 minutos después de la captura si la temperatura se mantiene baja, pero coagula más rápidamente a mayores temperaturas.

Como se ha mencionado en el Capítulo 2, la contracción del músculo durante la lucha contra la muerte o el *rigor mortis* es la que expulsa la sangre (Huss y Asenjo, 1977a). Así, es importante enfriar el pescado, y tan pronto como sea posible cortar todos los vasos sanguíneos principales antes de que el pescado entre en *rigor mortis*. La evisceración puede muy bien llevarse a cabo durante la misma operación ya que la misma hace accesibles más vasos sanguíneos.

De cuando en cuando la carne de bacalao u otros pescados de carne blanca puede presentar un color rosado que no tiene relación alguna con un desangrado deficiente. Esto se debe tanto a la presencia de astaxantina o zeaxantina en las presas del pescado como a anomalías metabólicas. Las coloraciones amarillas o parduscas son en su mayor parte debidas a la oxidación de los pigmentos sanguíneos residuales o de los lípidos (véase también el Capítulo 4).

Temperatura de almacenamiento

Enfriamiento (0°-25°C)

Se sabe que tanto la actividad enzimática como la microbiana están significativamente influenciadas por la temperatura. Sin embargo, a una temperatura de 0 a 25°C la actividad microbiana es relativamente más importante, y los cambios de temperatura tienen efectos muy grandes sobre el crecimiento microbiano más que sobre la actividad enzimática (Figura 6.1).

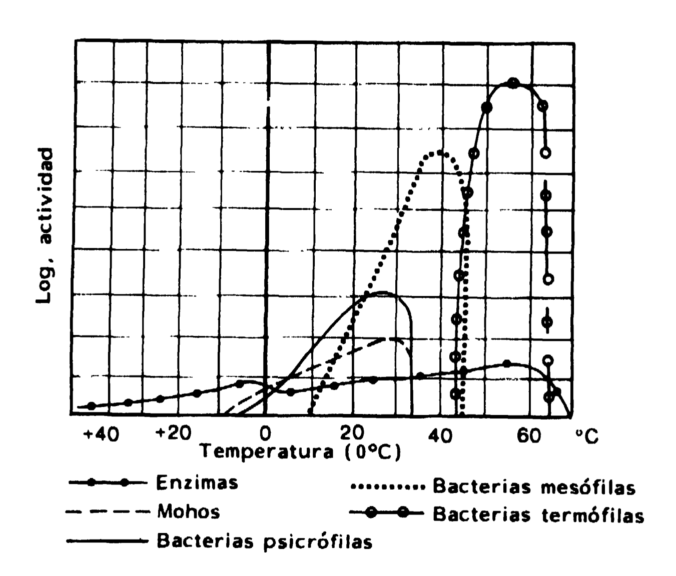
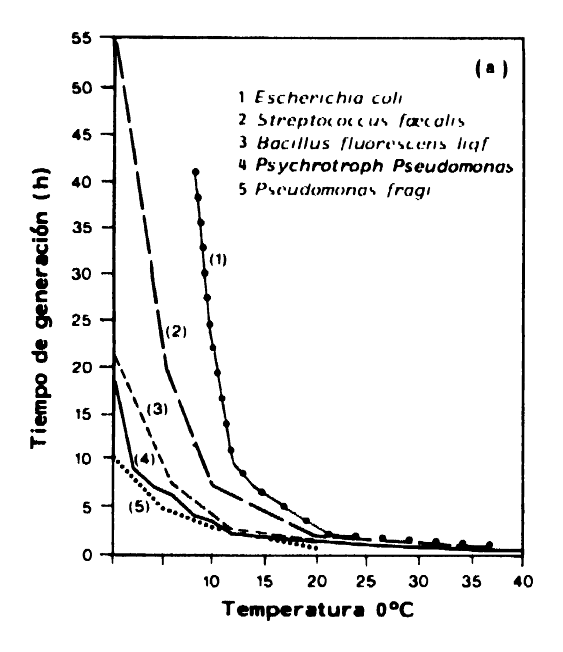


Figura 6.1. Actividad enzimática relativa y velocidad de crecimiento de bacterias en función de la temperatura (Andersen *et al.*, 1965).

Como se indica en la Figura 6.2, pequeños cambios en la temperatura de 0 a 10°C tienen un enorme efecto sobre el crecimiento de las bacterias. Muchas no son capaces de crecer bien a temperaturas por debajo de los 10°C y aun las bacterias muy tolerantes al frío tienen fases de demora y tiempos de generación más largos, a medida que la temperatura se aproxima a 0°C.



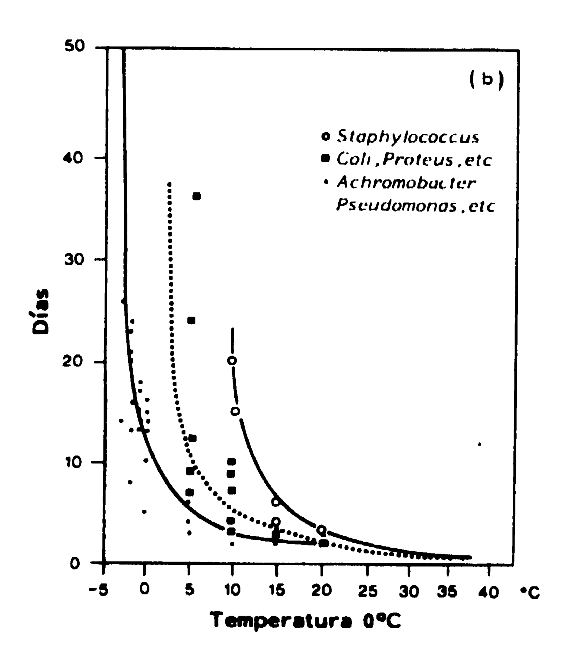


Figura 6.2. Tiempo de generación (a) y log de la fase (b) de varias bacterias en función de la temperatura (Elliott y Michener, 1965).

Desde hace tiempo se conoce la importancia del almacenamiento del pescado a muy bajas temperaturas. En el Cuadro 6.2 se muestran algunos resultados en filetes de bacalao. Investigadores daneses han obtenido resultados similares, donde el aumento de temperatura de 0 a +5°C se traduce en una disminución de la duración en almacén tanto de filetes de bacalao como de trucha envasada para venta al menudeo, como así también de la merluza sudamericana eviscerada, *Merluccius gayi* (Cuadro 6.3).

Investigadores australianos (Olley y Ratkowsky, 1973) han estudiado extensamente la relación entre la duración en almacén y la temperatura de almacenamiento. Basados en la extensa literatura consultada y en resultados propios,

CUADRO 6.2. **Duración en almacén de filetes de bacalao a diferentes temperaturas**

Temperatura de almacenamiento (°C)	Duración en almacén
0	11-12 días
0,5	6-8 »
3	5-6 »
8	2-3 »
10	20-30 horas

Fuente: Castell, 1949

CUADRO 6.3. **Duración en almacén de varios pescados a 0° y 4-5°C**

Especie	Tratamiento previo	Duración en almacén		Referencia
		0°C	+4-5°C	
Bacalao	Pescado de excelente calidad, fileteado y envasado al vacío en polietileno	13	7	Huss, 1971
Bacalao	Pescado de mediana calidad (6 días en hielo) fileteado y envasado al vacío en polietileno	10	5	Huss, 1971
Trucha de cultivo	Eviscerada, envasada al vacío	18	10	Dinamarca, Ministerio de Pesca, 1971, 1973, 1975
Merluza sudamericana	Eviscerada	11	5	Huss y Asenjo, 1977b

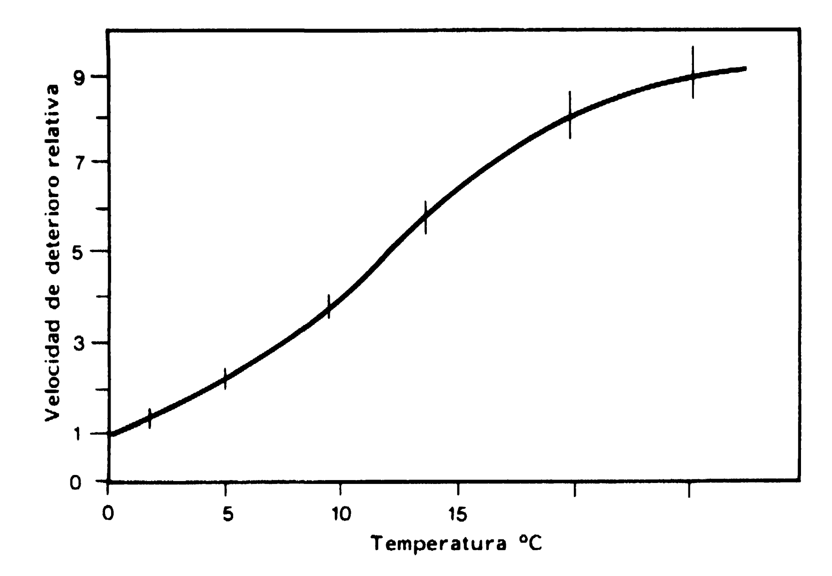


Figura 6.3. Relación entre la temperatura de almacenamiento y la velocidad de deterioro relativa en el pescado (Olley y Ratkowsky, 1973).

desarrollaron la curva que se muestra en la Figura 6.3. De acuerdo a ella, la velocidad de deterioro a +5° C es 2,25 veces más rápida que la correspondiente a 0°C. A +10°C esta relación es 4. Además, se ha insistido en que el efecto tiempo/temperatura es acumulativo. Un bacalao eviscerado con una duración en almacén de 12 días a 0°C tendrá un tiempo de almacenamiento considerablemente menor si se lo expone a altas temperaturas por períodos cortos, como se ilustra en el Cuadro 6.4.

CUADRO 6.4. **Duración en almacén teórica del bacalao después de variaciones en la temperatura de almacenamiento**

Días a		**Duración en almacén a 0°C**
10°C	5°C	
0	0	12
1	0	8 (= 12 − (1 × 4))
0	2	7 1/2 (= 12 − (2 × 2 1/4))
1	1	5 3/4 (= 12 − (1 × 4 + 1 × 2 1/4))

Obviamente, la temperatura es sin excepción el factor más importante que influye sobre la calidad y la duración en almacén del pescado fresco. Por otra parte esto parece ser válido para todas las especies de pescado en todos los países.

Además de la temperatura de almacenamiento también resultan de gran importancia las demoras ocurridas antes del enfriamiento. Así, se puede observar que si el pescado magro de carne blanca entra en *rigor mortis* a temperaturas por encima de +17°C, el tejido muscular puede romperse debido a las fuertes contracciones musculares y debilitamiento del tejido conectivo (Love, 1973). Los «gajos» musculares quedan separados unos de otros y este desgajamiento ejerce un efecto perjudicial para la apariencia. Además, el pescado se vuelve difícil de filetear (Cuadro 6.5) y decrece la capacidad de retención de agua.

Un enfriamiento rápido también es crucial para el pescado graso. Muchos experimentos demuestran que el arenque y el pez aguja (*Belone belone*) tienen una reducción considerable en la duración en almacén si se los expone al sol y al viento durante 4-6 horas antes del enfriamiento. La razón de la rápida pér-

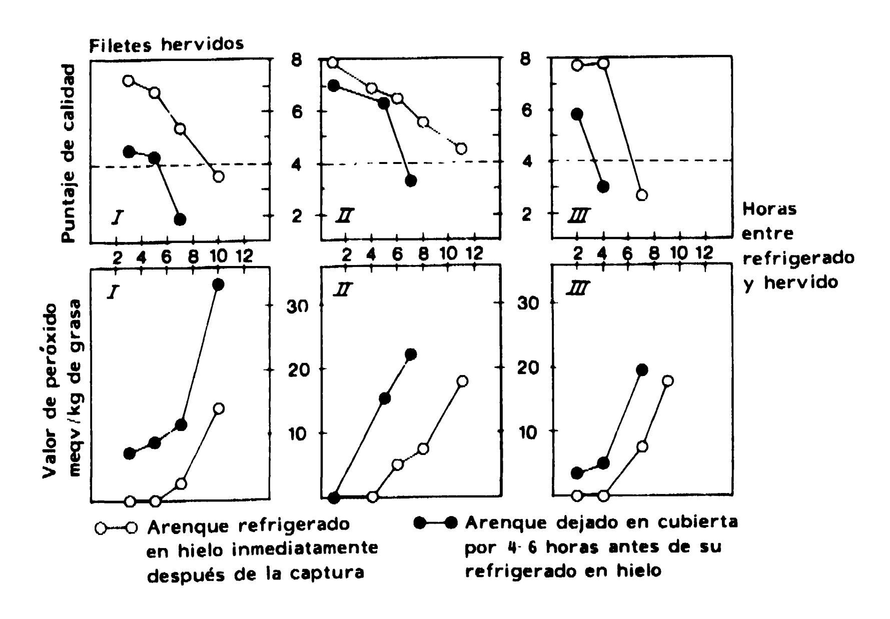


Figura 6.4. Tres experimentos que investigan la calidad y la duración en almacén del arenque acondicionado en hielo, inmediatamente o cuatro a seis horas después de la captura (Hansen, 1981).

CUADRO 6.5. **Rendimiento del filete de bacalao eviscerado**

	Refrigerado en hielo 1 hora después de la captura (%)	Refrigerado en hielo 6 1/2 horas después de la captura (%)
Rendimiento del filete	48,4	46,5
Rendimiento después del emprolijado	43,3	40,4

Fuente: Hansen, 1981.

dida de calidad que fue observada en tales casos es una oxidación de los lípidos, que se traduce en sabores extraños de naturaleza rancia. Debe señalarse que las altas temperaturas son responsables sólo en parte de la velocidad de los procesos de oxidación. El sol directo, junto con el viento, pueden llegar a ser en este experimento aún más importantes. Como se ha mencionado en el Capítulo 4 es bastante dificultoso parar los procesos de oxidación una vez que se han iniciado debido a las características autocatalíticas de los mismos.

Superenfriamiento o congelación parcial (0 a –4 °C)

Reconociendo la importancia del enfriamiento en la duración en almacén del pescado fresco, parece natural el intentar temperaturas aún más bajas, es decir, de 0 a –4°C. El proceso se denomina superenfriamiento o congelación parcial y fue estudiado en los últimos años de la década del sesenta (Merrit, 1965; Partmann, 1965b; Power *et al.*, 1969; Scarlatti, 1965). Recientemente, investigadores japoneses (Uchiyama *et al.* 1978; Aleman *et al.*, 1982) mostraron un renovado interés al respecto y llevaron a cabo numerosos experimentos de almacenamiento a –3°C con varias especies de pescado. En general existe una concordancia en que la congelación parcial es capaz de retardar el crecimiento microbiano por un largo período de tiempo, manteniendo el pescado su nivel de aceptabilidad hasta 4-5 semanas según la especie. Sin embargo, en los primeros experimentos, que fueron principalmente efectuados sobre bacalao, se encontró que la textura del pescado parcialmente congelado era inferior a la del que había sido enfriado, debido en parte a la formación de hielo. En la mayor parte de los pescados óseos la congelación comienza a –0,8°C, mientras que a –5°C se congela alrededor del 62 por ciento del agua (Storey, 1980). Se estableció además que la velocidad de la glucólisis y otras reacciones enzimáticas es más rápida en el pescado parcialmente congelado (Power *et al.*,

1969) debido a la alta concentración de enzimas en el líquido no congelado. Contrariamente a esto, Aleman *et al.* (1982) a través de sus experimentos demuestran que los cambios autolíticos son mucho más lentos en el pescado parcialmente congelado, y que la glucólisis también se demora comparada con muestras almacenadas en hielo a 0°C. Sin embargo, la cantidad final de ácido láctico es ligeramente superior en el pescado parcialmente congelado. Según Uchiyama (1983), mantener la temperatura constante es de extrema importancia. Esto sin embargo hace que la congelación parcial sea un método de almacenamiento algo caro, pues requiere refrigeradores especiales.

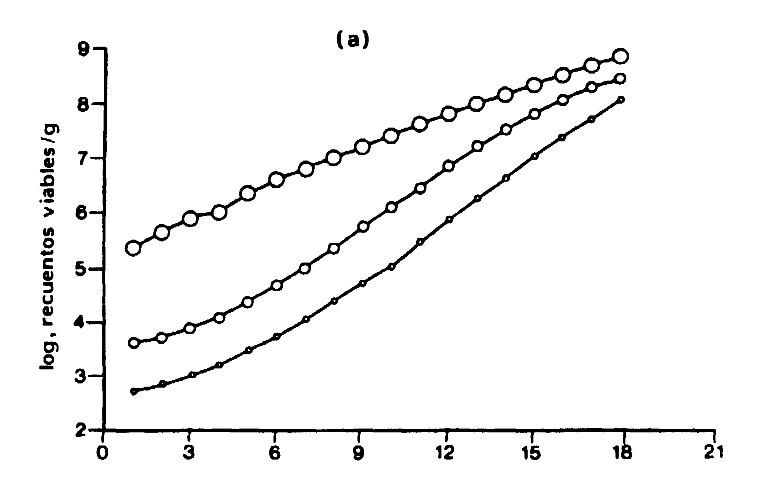
Higiene durante el manipuleo

Manipuleo a bordo

Se ha puesto mucho énfasis en los aspectos higiénicos del manipuleo del pescado exactamente desde su captura, a los efectos de asegurar una buena calidad y una larga duración en almacén. La importancia de la higiene durante el manipuleo a bordo ha sido estudiada a través de una serie de experimentos, donde se emplearon diferentes medidas de higiene (Huss y Eskildsen, 1974). Se comparó la calidad y el tiempo de almacenamiento del pescado tratado en condiciones completamente asépticas con pescado acondicionado en hielo limpio en cajones de plástico limpios y con pescado tratado inadecuadamente, es decir, acondicionado en cajones de madera, viejos y sucios. Tal como se suponía, se encontraron diferencias considerables en la contaminación bacteriana de los tres lotes (Figura 6.5). Se detectó una diferencia similar en la calidad organoléptica. Durante las primeras semanas de almacenamiento no se manifestaron diferencias en ningún lote. Sólo durante la segunda semana el nivel de contaminación inicial comienza a ser importante, y el pescado altamente contaminado manifiesta una reducción de pocos días en la duración en almacén comparado con las otras muestras. Estos resultados no son sorprendentes si se tiene en cuenta que la actividad bacteriana, normalmente, sólo es importante en las últimas etapas del período de almacenamiento, como se ha ilustrado en la Figura 4.1.

Sobre la base de estos datos parece lógico utilizar procedimientos de manipuleo razonablemente higiénicos, incluyendo el uso de cajones limpios, ya que medidas higiénicas muy estrictas no parecen tener gran importancia. Comparado con el efecto de enfriamiento rápido y efectivo, la importancia de la higiene es menor.

Las observaciones anteriores han influido en la discusión acerca del diseño de los cajones para pescado. Normalmente, el pescado se acondiciona en hielo



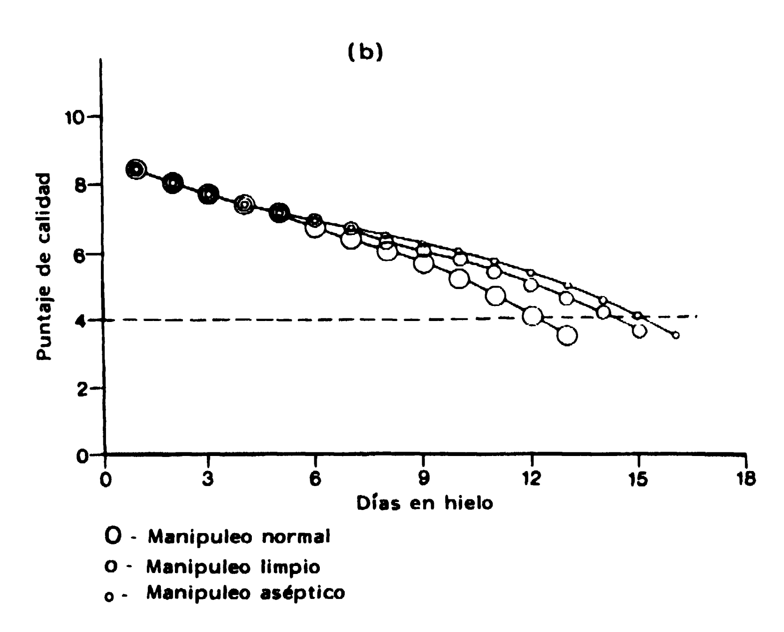


Figura 6.5. Crecimiento bacteriano (a) y calidad organoléptica (b) de solla almacenada a 0°C con alto, medio y bajo recuento bacteriano.

en cajones apilables mediante topes en la parte superior. A este respecto se indica que debe ponerse especial atención en la construcción de los cajones, que debe impedir que el agua de fusión drene de un cajón a su inmediato inferior. En un sistema como éste, debe evitarse la contaminación bacteriana del pescado que se encuentra en el cajón del fondo de la pila, ya que el agua de fusión normalmente contiene un importante número de bacterias. Sin embargo la práctica, como también la experimentación (Peters *et al.*, 1974), indican que una contaminación de este tipo no es importante concluyendo que los cajones de pescado que permiten el drenaje del agua de fusión desde los superiores a los inferiores resultan ventajosos porque el enfriamiento llega a ser más efectivo.

Inhibición o reducción de la microflora natural del pescado

A pesar de que la importancia de la microflora natural del pescado sobre la calidad es relativamente menor, se ha puesto mucho empeño en reducirla o inhibirla. Muchos de estos métodos son sólo de interés académico. Entre éstos hay (al menos hasta el momento) intentos para prolongar la duración en almacén por medio de irradación radiactiva. Dosis de 100 000-200 000 rad son suficientes para reducir el número de bacterias y prolongar la duración en almacén (Hansen, 1968; Connell, 1975) pero el proceso es costoso y, para muchos, inaceptable por su conexión con la alimentación humana. Otro método también rechazado por sus consecuencias en la salud pública es el tratamiento con antibióticos incorporados al hielo.

Un método que se ha usado con bastante éxito en los últimos años es el tratamiento con CO_2. El mismo puede ser utilizado ya sea en contenedores con agua de mar refrigerada o como parte de una atmósfera modificada durante la distribución o en envases para la venta al menudeo.

Debe también mencionarse que el lavado con agua clorada se ha tratado como un medio descontaminante del pescado. Sin embargo la cantidad de cloro necesaria para prolongar la duración en almacén produce sabores extraños en la carne del pescado (Huss, 1971). El pescado recientemente capturado debe lavarse con agua de mar limpia sin ningún tipo de aditivos. El propósito del lavado es principalmente el de eliminar la sangre y la suciedad visibles, y esto no causa ninguna reducción significativa en el número de bacterias y por tanto no tiene efectos sobre la duración en almacén.

Eviscerado

Es de conocimiento común que tanto la calidad como la duración en almacén de muchos pescados disminuyen cuando éstos no se evisceran. Durante los

períodos de alimentación el pescado contiene muchas bacterias en el sistema digestivo, produciéndose además enzimas digestivas poderosas. Esto último puede causar fuertes sabores extraños, especialmente en el área abdominal, o bien causar el estallido ventral. Por otro lado, el eviscerado implica exponer al aire el área abdominal y las zonas de corte, dando a dichas superficies una mayor susceptibilidad a la oxidación y coloración. Para decidir si el eviscerado es ventajoso o no deben tenerse en cuenta muchos factores, como la edad del pescado, la especie, el contenido de lípidos, el área de pesca y el método, etc.

Especies grasas

En la mayoría de los casos de pescados pequeños y medianos, como arenque, sardinas y caballa, no se efectúa la evisceración inmediatamente después de la captura. La razón de esto se debe, en parte, al gran número de pescados pequeños que se capturan al mismo tiempo y, en parte, a los problemas de coloración y aceleración de la rancidez.

Sin embargo, también pueden presentarse problemas con el pescado no eviscerado durante los períodos de alimentación intensa, debido al estallido ventral. Como se ha mencionado en el Capítulo 4, las reacciones que conducen al estallido ventral son complejas y no totalmente conocidas. Se sabe que en dichos períodos disminuye la resistencia del tejido conectivo y que el pH post-mortem es generalmente menor en el pescado bien alimentado, lo que también debilita el tejido conectivo (Figura 6.6). Además, parece ser que el tipo de alimento ingerido juega un papel importante en el fenómeno del estallido ventral.

Especies magras

En la mayor parte de los países del norte de Europa el eviscerado de las especies magras es obligatorio. Esto se basa en la suposición de que la calidad de estas especies se resiente si las mismas no se evisceran. En el caso del bacalao se demostró que omitir el eviscerado causa una considerable pérdida de calidad y una reducción en la duración en almacén de cinco o seis días (Figura 6.8). Tan solo dos días después de la captura son visibles coloraciones en el área abdominal y el filete crudo adquiere un olor arrepollado. Como puede verse en la Figura 6.8, estos olores se eliminan en alguna medida hirviendo el pescado.

Estos compuestos volátiles, de olor desagradable, se encuentran en su mayor parte en las vísceras y en el área alrededor de ellas, puesto que la cantidad de ácidos y bases volátiles es relativamente baja en el filete mismo (Figura 6.9). Estos parámetros químicos, por lo tanto, no resultan útiles para distinguir entre pescado eviscerado y no eviscerado (Huss y Asenjo, 1976).

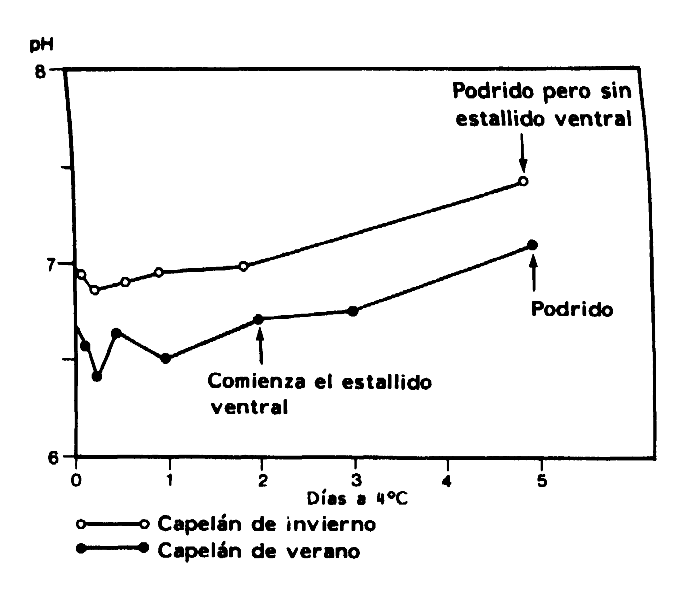


Figura 6.6. pH en capelán de invierno (○) y capelán de verano (●) durante el almacenamiento a +4°C (Gildberg, 1978).

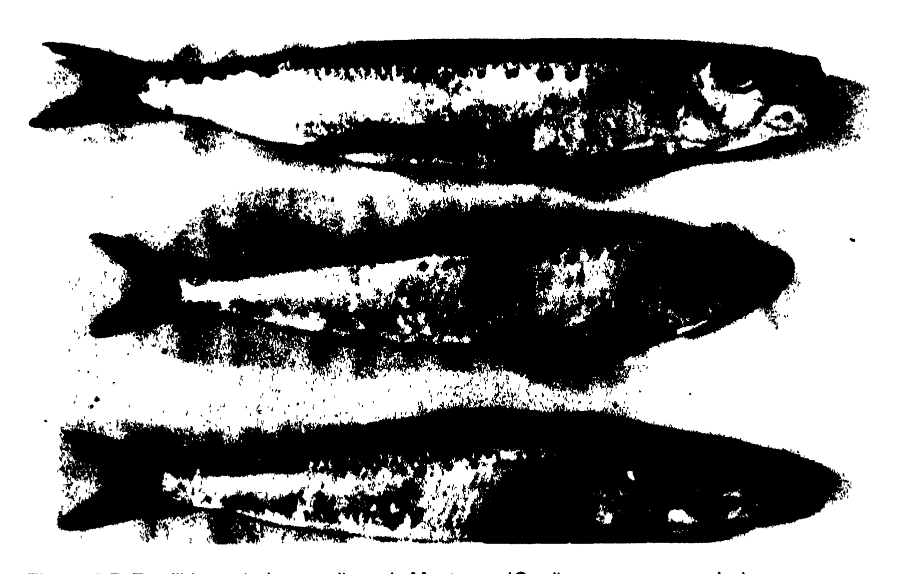


Figura 6.7. Estallido ventral en sardinas de Monterrey (*Sardinops sagax caerulea*).

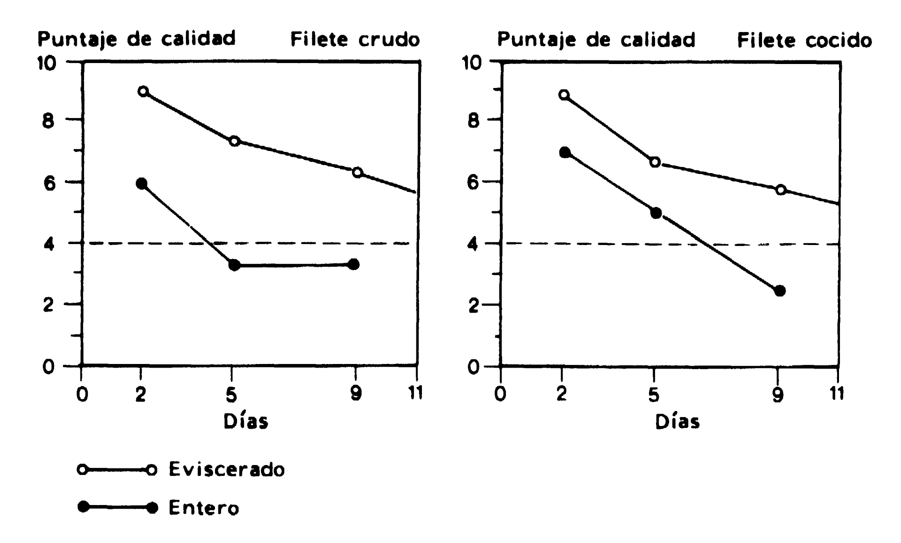


Figura 6.8. Calidad organoléptica del filete crudo y cocido de bacalao conservado en hielo, eviscerado (○) y entero (●) (Huss, 1976).

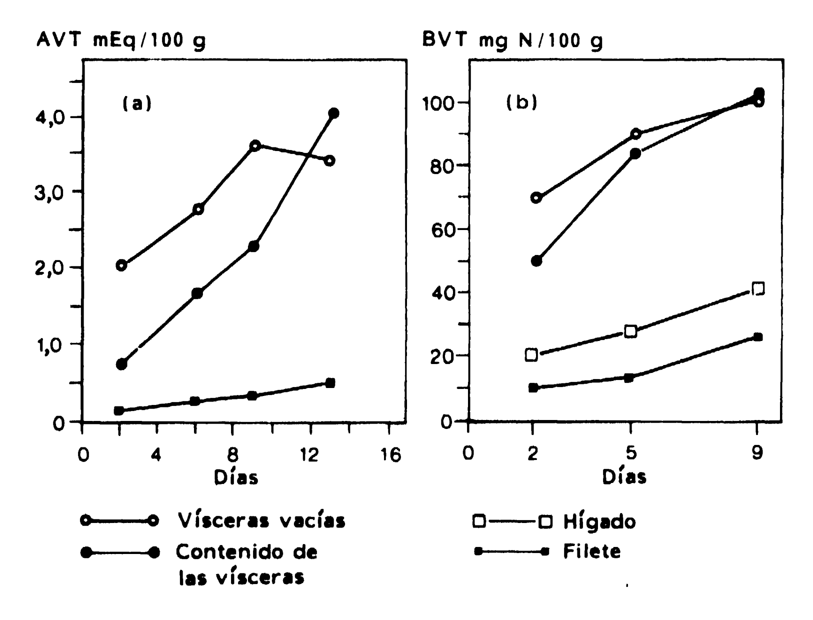


Figura 6.9. Desarrollo de (a) ácidos volátiles en carbonero (*Polacchius virens*) entero en hielo, y (b) bases volátiles en bacalao (*Gadus morhua*) entero en hielo (Huss y Asenjo, 1976).

Experimentos similares con especies parecidas al bacalao presentan resultados diferentes. En el caso del eglefino (*Melanogrammus aeglefinus*), merlán (*Merlangius merlangus*), carbonero (*Pollachius virens*) y bacaladilla (*Micromesistius poutassou*) se observó que el pescado entero almacenado a 0°C sufre una pérdida de calidad comparado con el pescado eviscerado, pero varía el grado en que ocurre, como se ilustra en la Figura 6.11. Se detectan algunos olores y sabores extraños pero, como se ve en la Figura 6.11, el eglefino, el merlán y el carbonero enteros hasta después de casi una semana de su conservación en hielo resultan todavía aceptables como materia prima para filetes congelados (Huss y Asenjo, 1976; Dinamarca, Ministerio de Pesca, 1975). En la merluza sudamericana (*Merluccius gayi*) no se observaron diferencias entre muestras evisceradas y no evisceradas (Huss y Asenjo, 1977b).



Figura 6.10. Situación en los arrastreros que capturan merluza sudamericana. Los pescadores dedican considerable tiempo y esfuerzo para eviscerar el pescado, mientras que un rápido enfriamiento del pescado entero, no eviscerado, resultaría más beneficioso para su calidad.

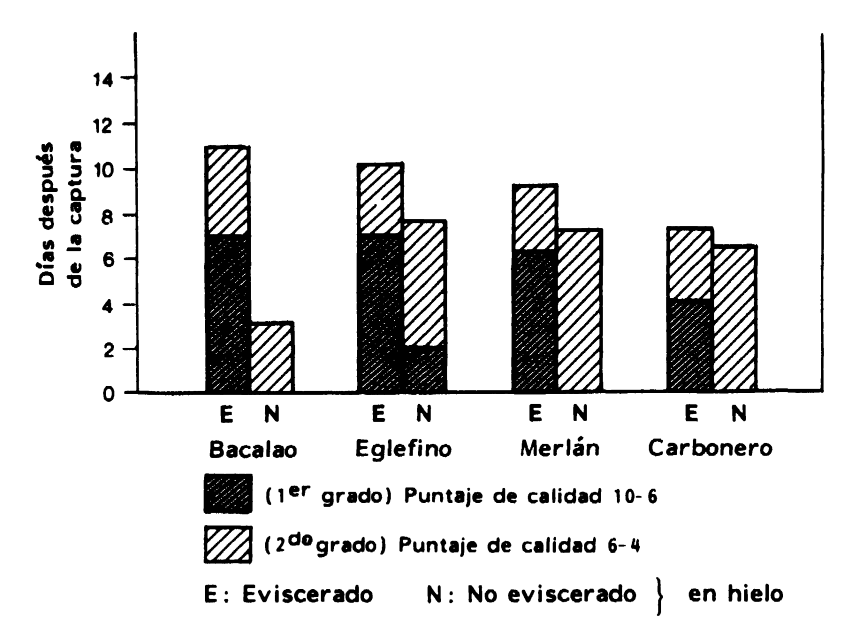


Figura 6.11. Calidad y duración en almacén del pescado magro eviscerado y no eviscerado almacenado en hielo (Huss y Asenjo, 1976).

Composición de la atmósfera gaseosa

Influencia sobre la microflora

Comúnmente el aire contiene aproximadamente 80 por ciento de N_2, 20 por ciento de O_2 y 0,03 por ciento de CO_2. Esta composición puede cambiarse significativamente por uno o más métodos, tales como (a) reducción de la tensión de oxígeno mediante, por ejemplo, la evacuación o reemplazo del aire por nitrógeno; (b) incremento de la tensión de oxígeno; o (c) incremento de la tensión de CO_2.

Los procesos microbiológicos resultan fuertemente afectados por cambios en la composición de su atmósfera gaseosa. La microflora normal del pescado enfriado consiste en su mayor parte en bacilos psicrotróficos aerobios gramnegativos (véase el Capítulo 4). El crecimiento de estas bacterias se inhibe fuertemente bajo condiciones anaerobias, y el número total de microorganismos es normalmente menor en el pescado almacenado en condiciones anaerobias dentro del período en el cual es comestible (véase la Figura 6.12).

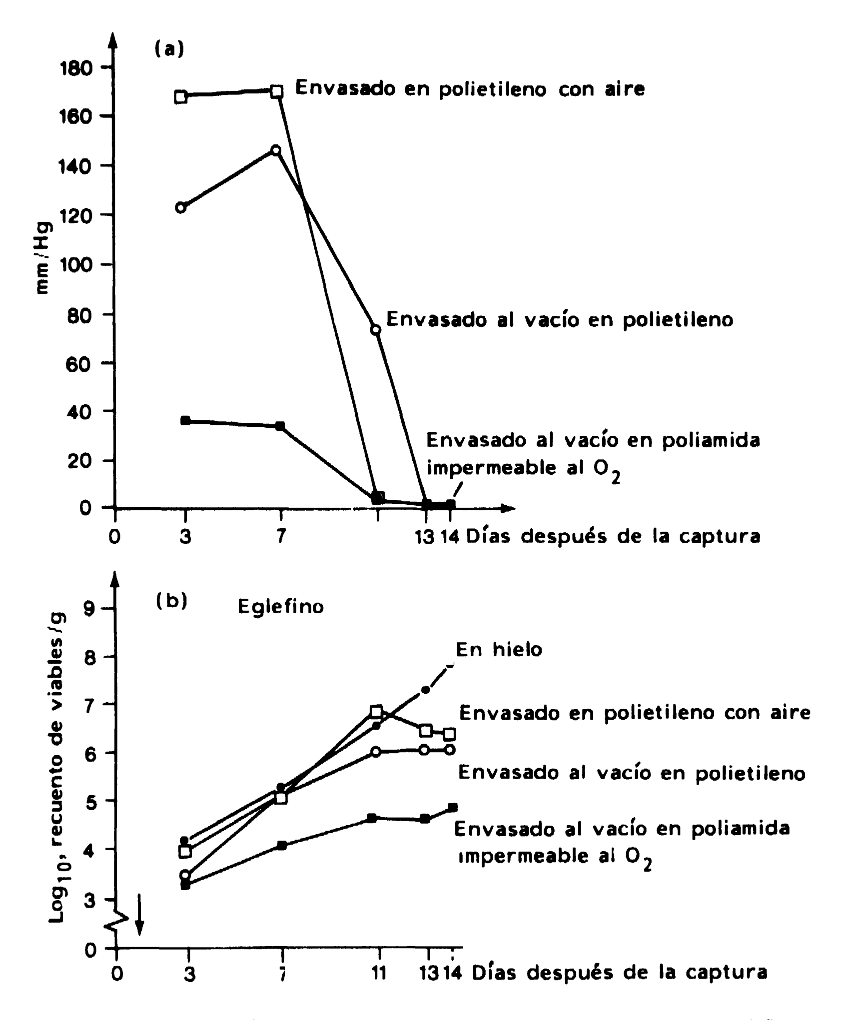


Figura 6.12. (a) Tensión de O_2 en los alrededores, y (b) crecimiento bacteriano en eglefino envasado con diferentes grados de exposición al O_2 (Huss, 1972).

Además de las diferencias cuantitativas, también tendrá lugar un cambio en la composición de la microflora bajo condiciones más o menos anaerobias. Ciertas bacterias, y en particular *Alteromonas putrefaciens*, una poderosa bacteria del deterioro, son capaces de usar OTMA para su respiración en lugar de oxígeno (véase el Capítulo 4). Debido a esta ventaja dicha bacteria a menudo llega a ser la mayor parte de la microflora durante el almacenamiento, e influye

enormemente en la velocidad del deterioro pues ataca fácilmente a la cisteína de la carne de pescado convirtiéndola en sulfuro de hidrógeno.

Se sabe ampliamente que el CO_2 inhibe el crecimiento de un número de bacterias (Scott, 1938). Las bacterias gram-negativas, psicrotróficas, incluyendo muchas bacterias usuales del deterioro, son muy susceptibles al CO_2 (Gill y Tan, 1980). No se conocen los detalles del mecanismo de inhibición pero parece que probablemente tiene un efecto inhibidor sobre ciertos sistemas enzimáticos. Dado que el crecimiento anaerobio de bacterias anaerobias facultativas se ve sólo ligeramente afectado y el *Lactobacillus* spp., que siempre emplea un metabolismo fermentativo, parece ser resistente, se supone que el punto troncal de acción está conectado con el metabolismo oxidante.

El uso del gas es más inhibitorio para la bacteria durante la fase de demora que durante la fase de crecimiento exponencial (Clark y Lentz, 1969), por lo que es importante adicionar CO_2 lo antes posible durante el proceso a fin de obtener el máximo efecto.

Por último la atmósfera puede modificarse aumentando la concentración de O_2. Se sabe que el O_2 en altas concentraciones es tóxico para la mayor parte de las bacterias debido a varios mecanismos, entre ellos la inactivación de enzimas, la inducción de la formación de H_2O_2, la oxidación de lípidos y (puede ser el más importante) la formación de un radical libre, O_2 llamado superóxido, que puede reaccionar formando un radical hidroxilo muy reactivo. Sin embargo, la mayoría de los microorganismos aerobios tienen un mecanismo muy bueno de protección a la toxicidad del O_2 y el aumento de la concentración de O_2 no ha sido un método usado con propósitos prácticos de preservación.

Los otros principios de preservación descritos en esta sección han sido utilizados durante experimentos y prácticas comerciales de manipuleo del pescado y las secciones que siguen resumen la experiencia obtenida en su empleo.

Efecto de la atmósfera sobre el pescado entero

La protección contra el oxígeno es de extrema importancia en el manipuleo de las especies grasas, tales como arenque, caballa, trucha, etc. El envasado sólo en hielo ofrece cierta protección contra la luz y el aire. Sin embargo, el O_2 está aún presente por lo que el pescado puede desarrollar rancidez después de un tiempo. Si el pescado se enfría en tanques llenos de agua el medio rápidamente se transformará en anaerobio, y bajo esta condición se evitan la oxidación y la consecuente rancidez (Cuadro 6.6).

Como se ha mencionado anteriormente, las condiciones anaerobias favorecerán sin embargo una cierta microflora esperándose, por tanto, una alta actividad de esta microflora. Experimentos prácticos mostraron que los cambios

CUADRO 6.6. **Valor de peróxido (mEq/kg grasa) en espadín después de una semana de almacenamiento a 0°C en hielo y en agua enfriada con hielo**

Mes de almacenamiento	Enfriada a 0°C			
	Inmediatamente después de la captura		al desembarcar	
	En agua enfriada con hielo	En hielo	En agua enfriada con hielo	En hielo
Julio	0	27	5	43
Septiembre	0	33	5	35

Fuente: Hansen, 1981

en el deterioro del arenque (un pescado graso) almacenado en hielo y en agua de mar refrigerada (AMR) son similares durante los primeros cuatro o cinco días. Sin embargo, en el pescado almacenado en AMR se desarrollan mucho más prematuramente sabores extraños relacionados con la actividad bacteriana y, además, en el agua se desarrolla mucho más anticipadamente que en el pescado un olor extraño desagradable (Smith *et al.*, 1980). Resultados similares se obtienen en el caso de especies magras evisceradas (Huss y Asenjo, 1976, 1977b).

El enfriamiento en tanques con agua de mar refrigerada o enfriada, AMR, presenta ventajas y desventajas que deben ser consideradas. Entre las ventajas están la mayor eficiencia del lavado, la reducción de la pérdida de peso, el menor daño mecánico y un manipuleo a bordo más conveniente. Entre las desventajas están un aumento de la sal (por la que ha absorbido del medio) y, en el caso de algunos pescados, una apariencia pálida y una textura blanda.

Si se adiciona CO_2, el enfriamiento en tanques llega a ser mucho más efectivo en el retraso del deterioro. El crecimiento de bacterias activas del deterioro como las *Alteromonas* spp. y *Pseudomonas* spp. se encuentra inhibido y por ello la duración en almacén se prolonga considerablemente. Se encontró así que la duración en almacén de la gallineta (*Sebastodes flavidus*) y del salmón «chum» (*Oncorhynchus keta*) se extendía a una semana (Barnett *et al.*, 1971). En el caso del tratamiento del pescado en planta, si el mismo se enfría en agua saturada con CO_2 (0,3 por ciento) se logra una prolongación de la duración en almacén a 0°C de 9 días (50 por ciento), mientras que casi no hay efecto a 12°C (Olsen, 1977; Mjelde, 1974, 1975). No obstante, el método puede resultar inaceptable en muchas especies de pescado para consumo humano debido a cambios en la apariencia (ojos lechosos), a un cierto desarrollo de gusto y olor ácidos y a cambios en la textura ocasionados por el descenso del pH.

Un efecto colateral que debe mencionarse es una acelerada velocidad de corrosión de los metales expuestos a altas concentraciones de CO_2 en el agua (Barnett *et al.*, 1971).

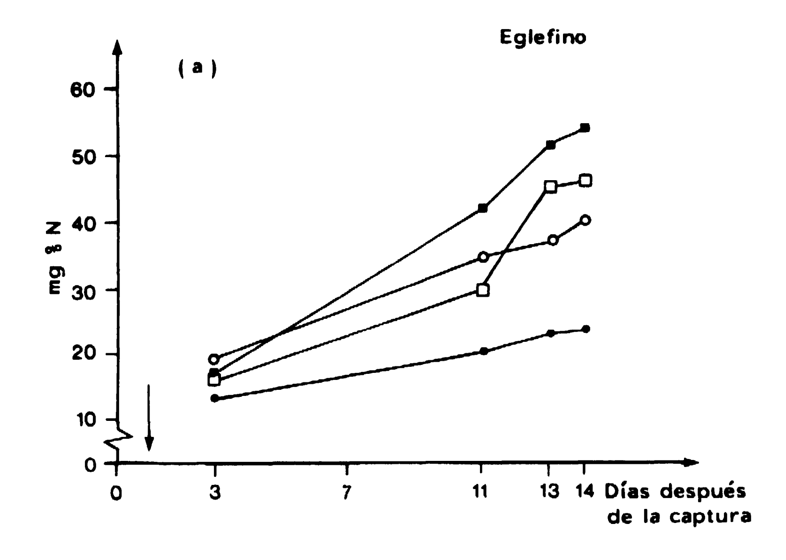
Un tipo especial de deterioro se observa cuando se almacena el pescado en contacto con superficies de madera vieja, que están altamente contaminadas con una microflora adaptada que consiste en bacterias del deterioro (Maclean y Castell, 1956). Bajo estas condiciones la microflora crea rápidamente condiciones anaerobias en las superficies de contacto y comienza el ataque microbiano que resulta en olores fuertes y pútridos en las partes del pescado afectadas. A este pescado se lo menciona como «pescado hediondo».

Pescado fresco preenvasado

Al pescado preenvasado se lo puede distribuir entero, eviscerado, en filetes o en partes de filetes. En algunos países como Japón se venden al menudeo (en supermercados) partes pequeñas de pescado envasadas en bandejas de poliestireno expanso envueltas en polietileno. Dado que de ninguna forma se cambia la atmósfera, el deterioro evoluciona como en el pescado sin envasar.

Si en el envasado al vacío se emplean películas que varían en cuanto a su impermeabilidad al O_2, la tensión de O_2 se reduce como se ilustra en la Figura 6.12. En la figura también se indica que aun cuando el vacío reduce la cantidad de oxígeno dentro del envase, son el crecimiento bacteriano y el correspondiente consumo de oxígeno los que crean las condiciones anaerobias. En el caso del pescado magro la reducción en la tensión de oxígeno resulta de menor importancia dado que la reducción en el crecimiento microbiano total es contrarrestada por un aumento en la producción de bases volátiles totales, como puede verse en la Figura 6.13. De acuerdo a estos resultados se concluye que el envasado al vacío en polietileno es recomendable para el pescado magro, que contiene OTMA, dado que es bastante barato, fácil de envasar y de enfriar. Por contraste, mediante experimentos similares se encontró que en el pescado graso el envasado al vacío mejora la calidad y prolonga la duración en almacén (Figura 6.14).

Como se indica en la Figura 6.14, la calidad de la trucha y el arenque almacenados en presencia de aire se deteriora rápidamente, y la razón principal es el desarrollo de rancidez. Si bien el envasado al vacío en películas impermeables al O_2 previene la rancidez, es interesante destacar que un envasado similar en polietileno permeable al O_2 también reduce la rancidez y prolonga la duración en almacén. La causa principal es la eliminación de aire en el área abdominal debido a que la pared abdominal se comprime desde ambos lados del cuerpo del pescado, como se ilustra en la Figura 6.15. Así se reduce la rancidez dado



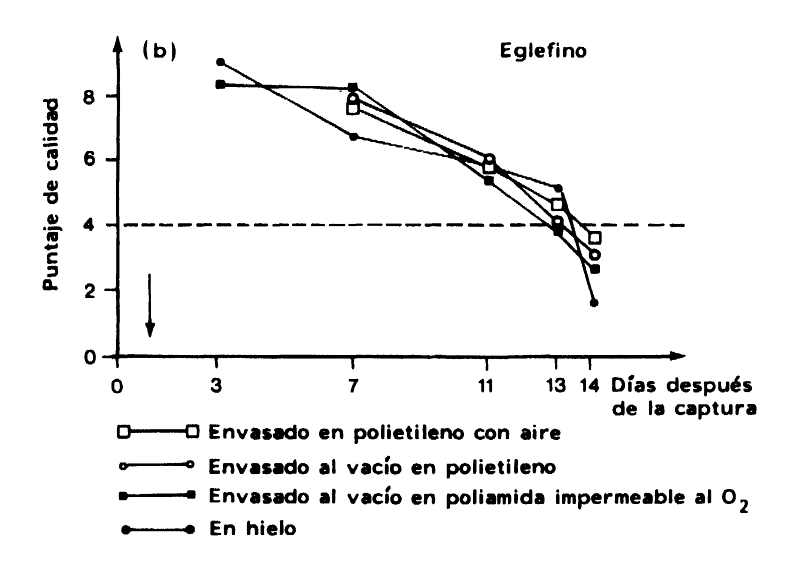


Figura 6.13. Desarrollo de (a) bases volátiles totales en mg % N, y (b) evaluación del grupo de degustación del eglefino (Huss, 1972).

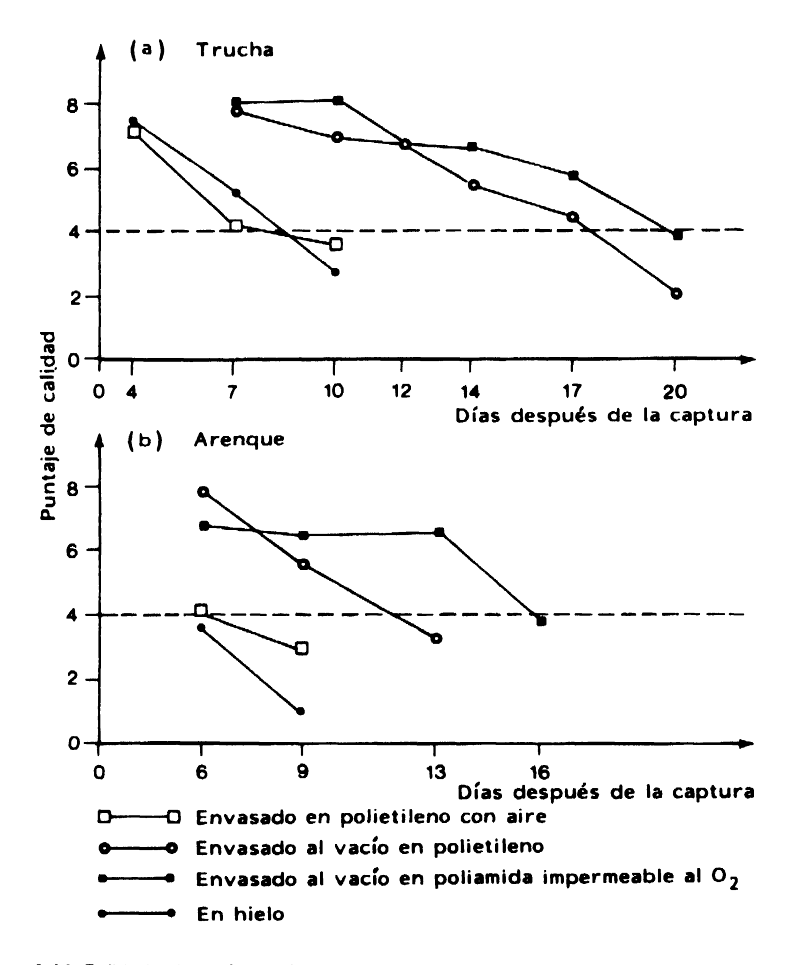


Figura 6.14. Calidad y duración en almacén de trucha y arenque (Hansen, 1972).

que sólo la superficie externa, cubierta por la piel, es la que queda expuesta al aire. Esto se acentúa en el caso de la trucha pues su piel ofrece más protección que la piel del arenque.

Durante los últimos años se han efectuado un número considerable de experimentos con envasado para venta al menudeo en atmósfera controlada, con el

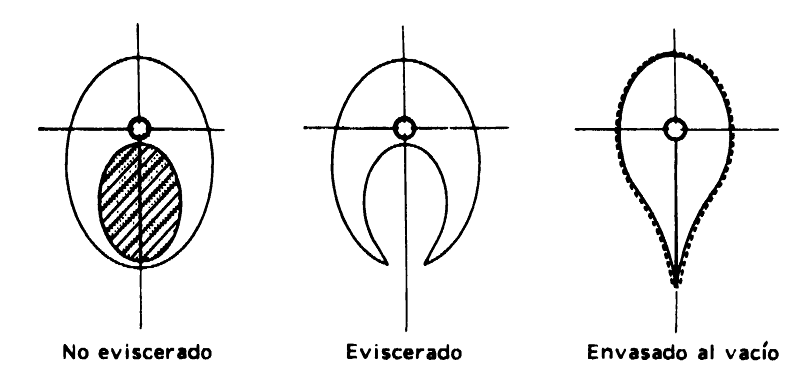


Figura 6.15. Corte transversal de la trucha.

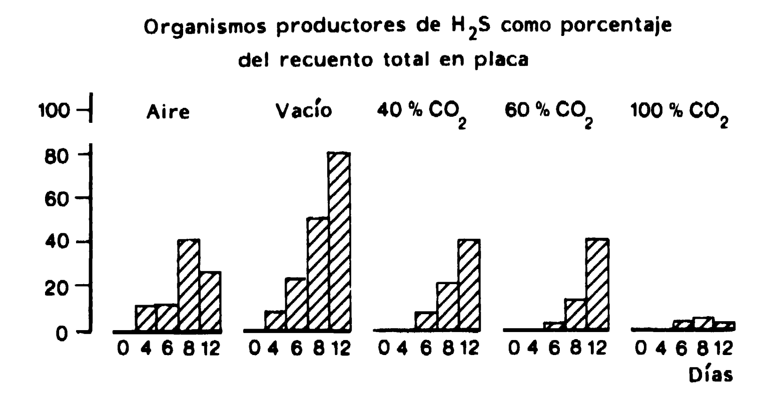


Figura 6.16. Bacterias productoras de H_2S como porcentaje del recuento total en placa de bacalao almacenado a 2°C (Jensen *et al.*, 1980).

objeto de lograr una duración en almacén más prolongada. En la mayor parte de los casos se usó una mezcla de gas enriquecida en CO_2. En todos los experimentos el CO_2 demostró tener un efecto inhibitorio sobre las bacterias productoras de TMA y H_2S mientras que el envasado al vacío de pescado que contiene OTMA resultó a menudo en una selección de organismos (Figura 6.16).

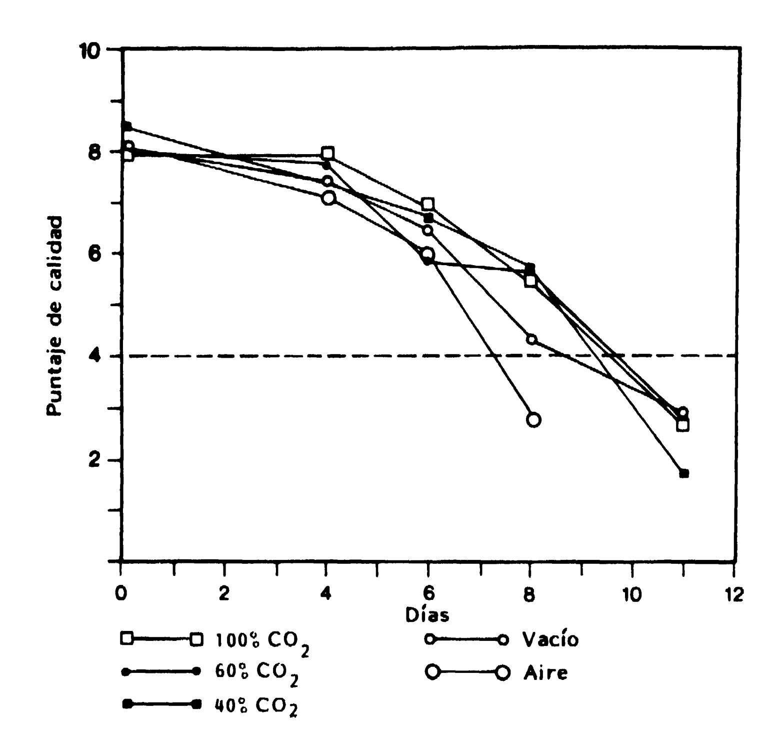


Figura 6.17. Calidad y duración en almacén de bacalao envasado en varias atmósferas a +2°C (Jensen *et al.*, 1980).

A pesar de las diferencias cuantitativas y cualitativas en la microflora, se encuentran diferencias muy pequeñas en la calidad alimentaria y en la duración en almacén del pescado magro (Figura 6.17). Otros investigadores obtuvieron resultados similares (Debevere y Voets, 1971, 1974; Sumner y Gorczyca, 1981; Woyewoda *et al.*, 1984) pero con algunas variaciones que dependen de la permeabilidad de la película y de la especie de pescado utilizados.

7. Aspectos público-sanitarios

El pescado y los mariscos pueden transmitir muchas de las intoxicaciones e infecciones producidas por alimentos. Además, hay ciertas enfermedades que se asocian comúnmente al pescado, los mariscos y al medio acuático. No obstante, en muchos países el pescado y los productos pesqueros figuran entre los componentes más seguros de la dieta. La posición geográfica, el grado de industrialización, y por lo tanto la polución, así como los hábitos alimentarios tradicionales, son algunos de los factores que determinan los peligros sanitarios asociados con el consumo de pescado o, bajo este aspecto, con el de cualquier otro alimento. El Cuadro 7.1 indica que en Japón la principal causa de intoxicación por alimentos es el pescado. Esto es debido no sólo al alto consumo de pescado en Japón sino también, y esto es muy importante, a que normalmente se lo come crudo.

CUADRO 7.1. **Alimentos asociados con brotes de intoxicación por alimentos**

	Pescados y mariscos (%)	**Carne vacuna y aves** (%)	**Frutas y vegetales** (%)	**Otros** (%)
Canadá (1973-75)	5,8	40,3	7,7	46,2
EE.UU. (1973-75)	9,3	27,3	3,3	60,1
Inglaterra y Wales (1973-75)	0,5	12,0	—	87,5
Australia (1967-71)	12,5	43,7	—	43,8
Japón (1968-72)	35,4[1]	?	?	64,6

[1] 34,2% debido a *Vibrio parahaemolyticus*.
Fuente: Liston, 1980b.

Bacterias patógenas

El pescado capturado en aguas no contaminadas normalmente está libre de organismos patógenos, salvo dos excepciones importantes: el *Clostridium botulinum* y el *Vibrio parahaemolyticus*, que se encuentran naturalmente en el pescado y en los mariscos de aguas limpias.

De los siete tipos conocidos de *Cl. botulinum* (tipos A-G) el tipo E es uno de los más comúnmente asociados con pescado y productos de pescado. En algunas especies de agua de mar capturadas en los alrededores de Escandinavia, Alaska y Japón, este es el único tipo reconocido que puede contaminar hasta el 100 por ciento del pescado. En otras partes del mundo aparecen esporádicamente los tipos A, B, C, D y F, como se ilustra en la Figura 7.1. El tipo E se encuentra notablemente ausente en las aguas cálidas de América Latina e Indonesia, siendo el tipo C el más dominante. Tanto en los peces de agua dulce de cultivo como en los que se encuentran en su hábitat natural, el organismo dominante es el tipo E. Solamente en el Reino Unido se presentan un número considerable de tipos B, C y F, habiéndoselos encontrado en truchas de cultivo.

El *Cl. botulinum* es un organismo anaerobio que forma esporas. Se lo define como una sola especie sobre la base de la neurotoxina que produce, pero en realidad es un conglomerado de muchos grupos con diferentes modelos metabólicos, como se puede observar en el Cuadro 7.2.

Los tipos A, B, E y F pueden afectar al hombre, mientras que el tipo C generalmente afecta a pájaros acuáticos y el tipo D al ganado vacuno. Todos los productos de pescado fresco son un medio excelente para el crecimiento y la producción de toxinas de las cepas psicrotróficas no proteolíticas de *Clostridium botulinum* (tipos E, B y F). Sin embargo la velocidad de producción de toxinas es altamente dependiente de la carga de esporas (Cuadro 7.3).

De los datos del Cuadro 7.3 puede verse que en el tiempo necesario para la producción de toxinas, el pescado fresco no procesado se deteriora organolépticamente pero no necesariamente al punto de rechazo. Este, particularmente, es el caso a temperaturas elevadas.

CUADRO 7.2. **Grupos metabólicos del *Cl. botulinum***

	I	II	III	IV
Proteólisis	+	–	–	+
Lipólisis	+	+	+	–
Fermentación de glucosa	+	+	+	–
Fermentación de aminoácidos	+	–	–	+
Min. temperatura de crecimiento	10-12	3-5	10-12	?
Inhibición por NaCl (%)	10	5	3	?
Toxinas producidas	A,B,F	B,E,F	C_1,C_1,D_1	G

Fuente: Hobbs, 1983.

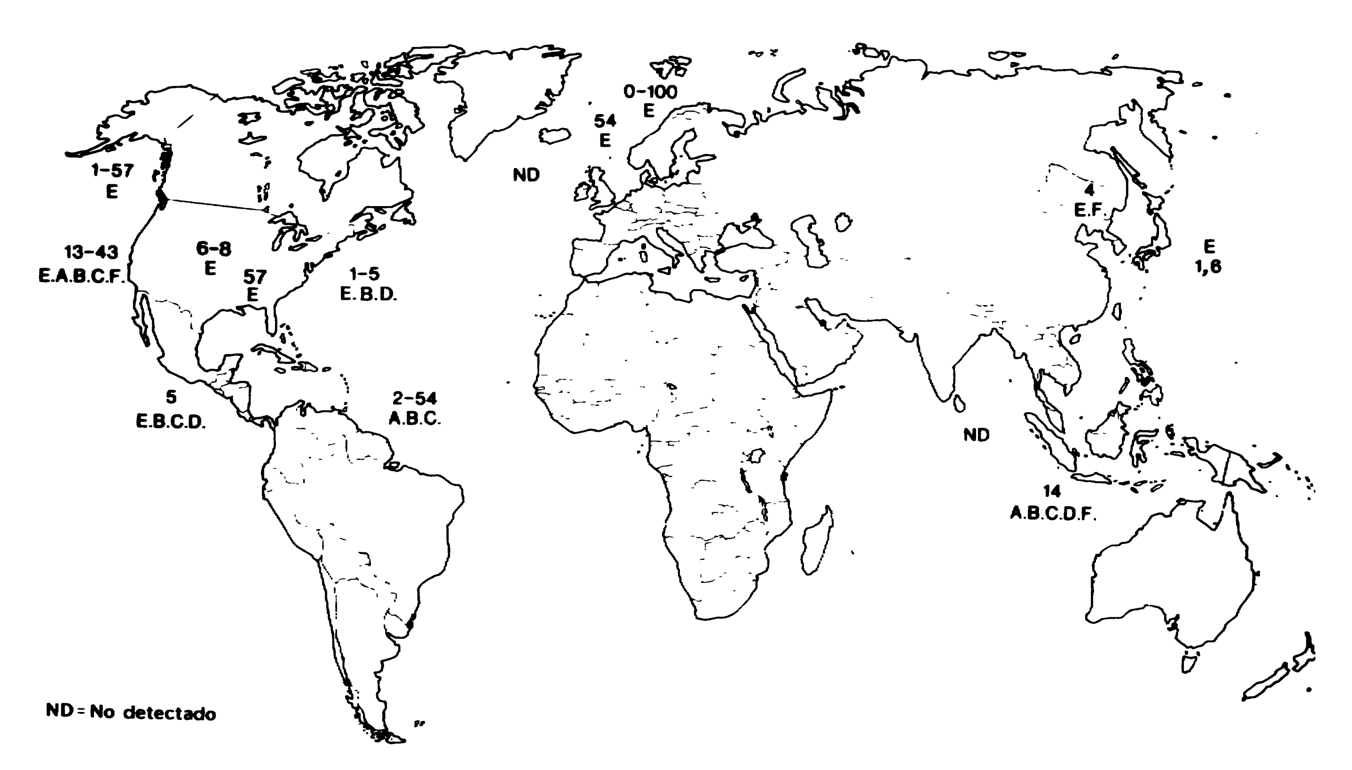


Figura 7.1. Incidencia (porcentaje) de diferentes tipos de *Cl. botulinum* en pescado (Huss, 1981).

CUADRO 7.3. Producción de toxinas en carne de pescado y vísceras inoculadas con tipos y esporas de *Cl. botulinum*

Inoculación		Temperatura de almacenamiento	Tiempo para (días)		Referencia
Esporas/g	Sitio	°C	Producción de toxina	Deterioro del pescado	
10^1	músculo	5	>36		(1)
10^3	músculo	5	36	5-10	(1)
10^6	músculo	5	15		(1)
10^2	músculo	10	8	2- 5	(2)
10^2	vísceras	10	8		(2)
10^1	músculo	15	3		(2)
10^1	vísceras	15	3		(2)
10^2	músculo	15	1-2	1- 3	(2)
10^2	vísceras	15	1-2		(2)
10^1	músculo	30	1	<1	(2)
10^1	vísceras	30	1		(2)

(1) Cann *et al*., 1965.
(2) Huss, 1981.

Por todos estos aspectos el pescado resulta ser un producto altamente botulinogénico. Sin embargo, el pescado fresco no procesado nunca causa brotes de botulismo (Huss, 1981). Esto se debe a que la toxina del botulinum (afortunadamente) es muy lábil al calor. A pH neutro la toxina se destruye completamente en no más de 5 minutos a 60-80° C (Ohye y Scott, 1957). En un profundo estudio, Licciardello *et al.*, (1967a y b) concluyen que los procedimientos normales de cocción del pescado (frito y a la plancha) son suficientes para inactivar cualquier toxina que se hubiera formado.

En contraposición, la toxina del botulinum es marcadamente estable a bajo pH y en medios salinos (Huss y Rye Petersen, 1980). Los productos de pescado elaborado (p.e.j. salado, escabechado, fermentado y ahumado en frío) no son *per se* botulinogénicos; sin embargo, pueden llegar a ser tóxicos si en la materia prima se ha formado cualquier tipo de toxina. Por lo tanto es esencial, en cualquier programa preventivo, ejercer un estricto control sobre la materia prima utilizada en la elaboración.

El *Vibrio parahaemolyticus* es el segundo organismo patógeno que se encuentra naturalmente en el pescado, particularmente en aquel capturado en aguas cálidas. Este organismo es un gram-negativo móvil, marino halofílico, que crece bien en todo producto comestible del mar a temperaturas superiores a +8°C, siendo las condiciones óptimas de crecimiento aquellas que involucren medios alcalinos que contengan 2-4 por ciento de NaCl y temperaturas de

37°C. El tiempo de generación en las condiciones óptimas es muy corto (cinco a diez minutos) y compite muy bien con otros organismos. Esto significa que un pequeño número de *V. parahaemolyticus*, que es inofensivo, puede en pocas horas y a temperaturas adecuadas crecer en gran número, siendo así capaz de producir intoxicación. Se ha estimado que una dosis de 10^6-10^9 células, causa ya intoxicación. La enfermedad se caracteriza por diarrea, dolor abdominal, posibles vómitos, fiebre moderada y dolor de cabeza. Los síntomas aparecen de cuatro a 48 horas después del consumo del alimento, y normalmente la recuperación es total en unos dos a seis días. Los alimentos causantes son productos de pescado crudos o poco cocidos.

El *V. parahaemolyticus* es esencialmente un organismo costero y de estuarios, que sólo raras veces ha sido aislado en músculo de pescado capturado mar adentro. Hobbs (1982) indica en su trabajo de recopilación que el *V. parahaemolyticus* se ha detectado en todas las zonas costeras investigadas. Su crecimiento depende no sólo de la temperatura sino también de la presencia de nutrientes orgánicos tales como los que puedan derivar de la elaboración del pescado o de las aguas cloacales.

El *V. parahaemolyticus* es sensible a las bajas temperaturas (0-8°C) como se ilustra en el Cuadro 7.4. Sin embargo sobrevive al proceso de congelación y se lo ha encontrado en productos pesqueros congelados.

La posible presencia de *V. parahaemolyticus* en el medio natural varía con el clima y los hábitos alimentarios. Así, en Japón, con temperatura ambiente alta en verano y el hábito de consumir el pescado crudo, resultan comunes las intoxicaciones debidas a este organismo y esto explica la mayor parte de los brotes indicados en el Cuadro 7.1.

CUADRO 7.4. **Sobrevivientes de *V. parahaemolyticus* en varios productos marinos almacenados a 0°C**

Tiempo de almacenamiento (días)	**Sobrevivientes** (%)			
	Ostras	**Pescado**	**Cangrejo**	**Camarón**
0	100	100	100	100
2	15	11	35	10
8	5	1	1	10

Fuente: Liston, 1980b.

El pescado capturado en las áreas costeras se ve afectado por la polución proveniente de aguas cloacales u otras fuentes, y puede entonces causar intoxicación por alimentos. Algunos patógenos por naturaleza típicos del agua (y del pescado) son *Salmonella, Shigella,* vibrios (*V. cholera*), *Aeromonas hydrophila* y el virus de la hepatitis A. Sin embargo, el pescado y los mariscos no son una fuente importante de enfermedades causadas por estos organismos.

Parásitos

La presencia de parásitos en el pescado es muy común. La mayoría no son importantes desde el punto de vista público-sanitario pero representan un problema para la calidad, dado que su presencia es antiestética y causa rechazo y quejas del comprador y/o consumidor. Por lo tanto, en ciertas áreas geográficas donde la infección por parásitos es particularmente seria, la elaboración del pescado requiere medidas a menudo muy costosas para eliminarlos.

En el pescado óseo son comunes los parásitos protozoarios pero los mismos no influyen en el aspecto público-sanitario. Sin embargo, la infección por *Myxosporidea* tiene algún interés tecnológico dado que se sabe ejerce una actividad proteásica extracelular alta y causa por lo tanto ablandamiento o gelificación de la carne de pescado (manchas lechosas). Este defecto de la calidad se ha encontrado en la merluza sudamericana (*Merluccius* sp.). Es difícil ver el parásito a simple vista pero después de unos días en hielo la carne del pescado comienza a ablandarse como una jalea, exactamente en los lugares donde está localizado el parásito.

Otro tipo de parásito protozoario es el *Henneguya zschokkei* que se ha encontrado en especies de salmón del Pacífico (*Onchorhynchus* spp.) (Christensen y Ellemann, 1976). Los parásitos causan lesiones redondas, blanco-grisáceas, de diámetros de hasta 0,5-1 cm. Tales lesiones son quistes formados por una cápsula externa de tejido conectivo y un centro con una sustancia cremosa que contiene numerosas esporas con diámetro de 10 μ.

Los trematodos son gusanos planos que tienen un ciclo de vida muy complicado que involucra uno o dos huéspedes intermediarios. El hombre puede ser el huésped final, habiéndose comúnmente encontrado trematodos adultos en el tracto digestivo. Así, como huésped intermediario de la larva (cercaria o metacercaria migratoria), el pescado puede transmitir el parásito al hombre. Hábitos de alimentación que involucren pescado crudo o poco cocido determinan posibles infecciones. Defecaciones deliberadas o promiscuas en reservorios, lagos, ríos y arroyos suministran una constante provisión de huevos del parásito que, junto con los huéspedes intermediarios apropiados, continúa el ciclo de vida como se ilustra en la Figura 7.2.

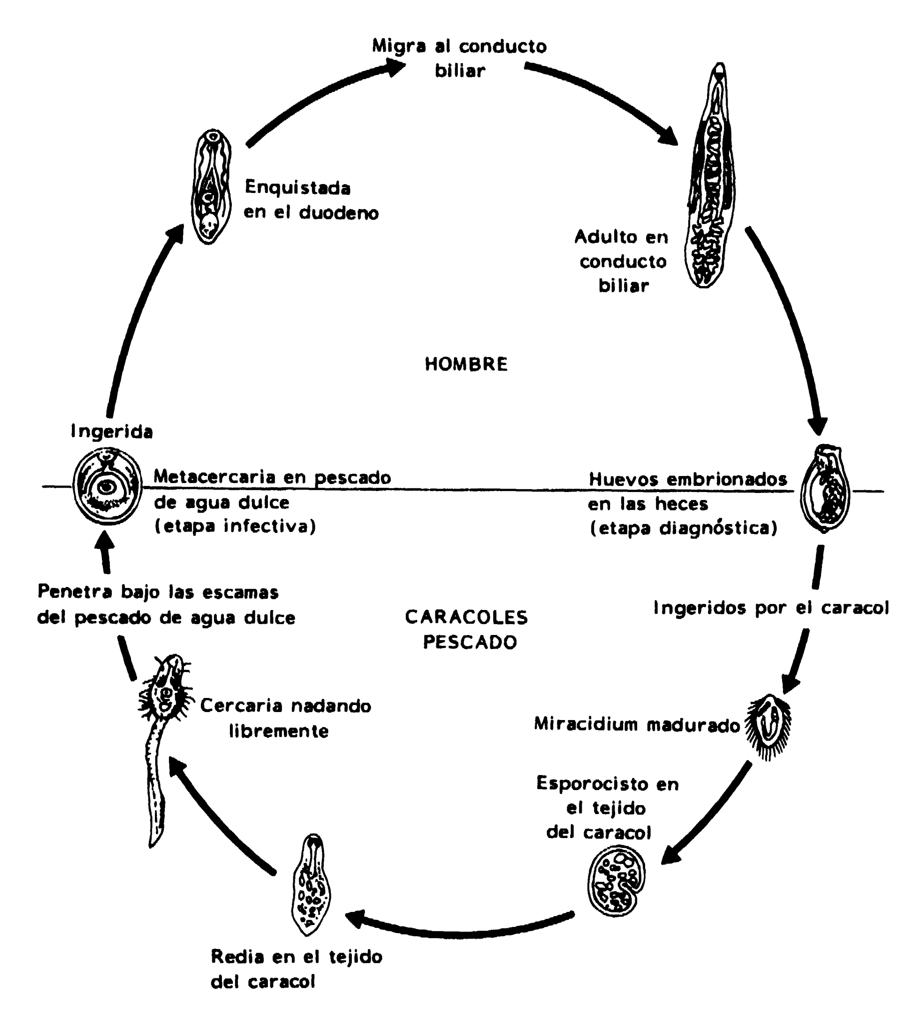


Figura 7.2. Ciclo de vida de *Clonorchis sinensis* (Healy y Juranek, 1979).

La mayoría de los trematodos de interés sanitario se han encontrado en aguas tropicales. Al *Clonorchis sinensis, Opisthorchis* sp., *Matagonimus yokagawai* y *Heterophyes heterophyes* se los encuentra en el Lejano Oriente pero al *H. heterophyes* se lo puede también encontrar en el delta del Nilo e India. Todos tienen un ciclo de vida similar al que se muestra en la Figura 7.2. *C. sinensis* y *Opisthorchis* sp. son trematodos comunes en el hígado. Se forman en

el conducto biliar de los seres humanos, causando inflamaciones y fibrosis en dicho conducto, en la vesícula biliar y en el hígado. *H. heterophyes* y *M. yokagawai* son diferentes; viven en el intestino del ser humano y producen inflamación, síntomas de diarrea y dolor abdominal.

Otro trematodo que proviene del género Paragonimus es el tan familiar trematodo pulmonar oriental. El ser humano se infecta comiendo cangrejos de mar o de río crudos o cocidos inadecuadamente. El parásito adulto vive en quistes en los pulmones pero tiene también tendencia a migrar a otros órganos como el hígado, el bazo y el cerebro. Cuando el gusano se desarrolla en los pulmones provoca una enfermedad pulmonar crónica.

Entre los cestodos (tenias) solo el *Diphyllobothrium*, la tenia de los peces, tiene alcance mundial, pero con una distribución focalizada. La biología de este grupo involucra dos tipos de huéspedes intermediarios: copépodos y pescado. Si el músculo fresco de pescado o huevas, conteniendo las larvas plerocercoides vivas que no están enquistadas (gusanos blancos brillantes), se inyecta en los intestinos de un mamífero como huésped definitivo, se desarrollarán las tenias adultas que causan generalmente debilidad y anemia.

Por último, un número de nematodos (gusanos redondos) pueden llegar al hombre cuando el mismo consume pescado, moluscos o crustáceos infectados. Los gusanos adultos viven en los intestinos, riñones u otros órganos de mamíferos o pájaros que se alimentan de pescado. Los huevos de los gusanos necesitan agua para madurar. Los primeros huéspedes intermediarios son copépodos, gusanos o moluscos y los segundos y terceros son el pescado, los reptiles, los pájaros y los mamíferos. En el pescado la larva del nematodo está enquistada en la cavidad abdominal o en el músculo lateral del cuerpo.

Uno de los parásitos más comunes en el pescado es el nematodo del género Anisakidae, un gusano de 1-6 cm de longitud. El más conocido es el *Phocanema decipiens*, llamado gusano del bacalao, que también se encuentra en muchas otras especies. La presencia de este parásito grande representa un considerable problema de mercado en muchas pesquerías del Atlántico Norte, ya que el mismo hace al pescado repugnante. Además, hay algunas indicaciones de que este parásito es un patógeno potencial (Cheng, 1973) que causa granulomas en el tracto intestinal. Estos síntomas también se han observado luego de infecciones con el conocido gusano del arenque (*Anisakis marinae*) (véase la Figura 7.3). El hombre se infecta comiendo pescado crudo o elaborado impropiamente. La fuente de infección más común es el arenque crudo ligeramente salado.

Otro nematodo, el *Angiostrongylus cantonensis*, es un parásito común en los pulmones de las ratas en el sudeste asiático. Se ha demostrado que el parásito causa meningitis en el hombre. Sus huéspedes intermediarios son caracoles, camarones de agua dulce o cangrejos de tierra.

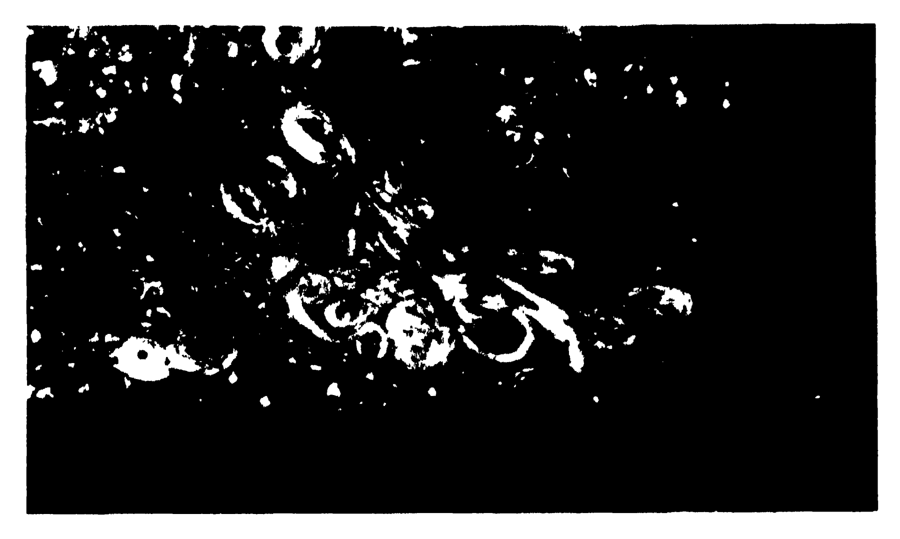


Figura 7.3. Larvas de *Anisakis* sobre la superficie de los ovarios del arenque.

Biotoxinas

Se sabe que más de 500 especies de pescado de agua de mar contienen biotoxinas, pero sólo pocas son fuentes principales de alimento para el ser humano. Sin embargo, estos pescados tóxicos plantean serios problemas en las áreas tropicales y subtropicales.

Bajo el punto de vista sanitario-económico, la ciguatera es la toxina más potente del pescado de agua de mar. Se han identificado más de 400 especies de pescado, la mayor parte de ellas tropicales, incluyendo «snapper» (Lutjanidae) y meros (Serranidae), como causantes de intoxicación en el hombre. Es posible que la toxicidad esté asociada con algún componente de la dieta del pescado, pero la causa precisa no se conoce (el pescado puede llegar a ser tóxico rápidamente y mantenerse así por años). La toxina es resistente al calor y los síntomas de intoxicación incluyen ligera parálisis, trastornos gastrointestinales y, en casos extremos, la muerte.

La intoxicación por el Tetraodon está asociada con el consumo del pescado conocido normalmente como pescado chupador, soplador, globo o puercoespín. Este puede ser reconocido por su forma característica, dientes largos y un olor característico a tejido fresco adobado. La mayor parte de ellos provienen del orden Tetraodontiformes (80 especies son tóxicas) y se los encuentra

en todas las zonas tropicales del mundo. La toxina, resistente al calor, se concentra en las gónadas y en el hígado. En Japón, donde el pescado se considera un bocado exquisito, los profesionales de la cocina preparan platos de *fugu* con carne de pescados. Tales profesionales deben tener un conocimiento amplio de las especies tóxicas y de las variaciones estacionales de la toxicidad, y además han de ser expertos en la evisceración. A pesar de eso, cada año se registran en Japón varios centenares de casos de intoxicación, de los cuales la mitad son fatales. Los síntomas de intoxicación que aparecen dentro de la primer hora de haber ingerido el alimento son el entumecimiento de los labios, de la lengua y de los dedos, a menudo acompañado de náuseas y vómitos. En la última etapa en casos extremos se presenta una parálisis de las extremidades, ataxia y pérdida del conocimiento.

La toxina más vieja asociada a los moluscos es la toxina paralizante. Se la conocía desde cientos de años en Europa y América del Norte (Krogh, 1979), pero recientemente se ha registrado un número creciente de brotes de intoxicación. La toxina paralizante de moluscos (TPM) es causada cuando los mismos ingieren dinoflagelados tóxicos, que son subsecuentemente ingeridos por el hombre. Los organismos más comunes asociados con la TPM son *Gonyaulax catanella* y *G. tamarensis*. Los dinoflagelados están vastamente distribuidos desde las aguas polares hasta los trópicos. El «florecimiento» de dinoflagelados tóxicos se presenta bajo ciertas condiciones como trastornos meteorológicos, agua dulce que se mueve desde tierra a aguas costeras, temperatura ambiente alta y condiciones anóxicas en el fondo de las bahías poco profundas. Al fenómeno frecuentemente se lo conoce como «marea roja». A menudo da una mortalidad masiva de pescado debida a las algas tóxicas o a las condiciones anóxicas.

La toxina, resistente al calor, se acumula en los moluscos en unos pocos días. Estos gradualmente la destruyen o excretan, lo que lleva varias semanas o aun meses. La toxina, que es una saxitoxina, causa hormigueo o picazón en la boca y los labios y en el caso de grandes dosis puede causar colapso, parálisis y muerte.

Aparte de las intoxicaciones en sí descritas hasta ahora, debe remarcarse que la intoxicación por alimentos resultante de la ingestión de cierto tipo de pescado es un peligro que está siempre presente. Se ha informado acerca de una toxicidad de naturaleza esporádica en muchos grupos de pescados y organismos marinos. En ello se incluyen los ciclóstomos (lampreas), elasmobranquios (tiburones y rayas), quimeras (pez rata), clupeidos (p.ej. arenque, anchoas, pez lagarto, etc.), lisas y tortugas marinas. No se conoce la causa de estas intoxicaciones. También la ingestión de algunos órganos de ciertas especies (*Somniosus microcephalus*) ha sido causa de brotes de intoxicación pero no se ha identificado al responsable de tal toxicidad. Se sabe, sin embargo, que

el hígado de muchos animales árticos (osos polares, focas barbudas, leones de mar) es tóxico debido a su alto contenido de vitamina A.

Un tipo especial de intoxicación es la de la escombrotoxina, causada por la ingestión de pescado de la familia Scombridae (Arnold y Brown, 1978). Las típicas especies de pescado involucradas son: atún (*Thunnus thynnus*), caballas (*Scomber japonicus* y *Scomber scombrus*), sardinas (*Sardinops sagax*) y bonito (*Sarda chiliensis*).

Estos pescados pueden a veces ser tóxicos como resultado de una preservación impropia o un manipuleo imperfecto. La toxina, resistente al calor, se forma en la carne durante el almacenamiento como resultado de la acción microbiana y no se destruye durante las subsecuentes operaciones de conserva o ahumado.

Los escómbridos tóxicos a menudo tienen un gusto apimentado agudo. Después de consumirlos se desarrollan síntomas alérgicos inmediatos. Los síntomas típicos son dolor de cabeza, desvanecimiento y sonrojamiento «acalorado» de la cara y el cuello. En los últimos 40 años se han registrado regularmente brotes en Japón, Islas del Pacífico y Estados Unidos de América, pero en los últimos años se ha registrado también un número creciente de casos en Europa y en otros lugares.

No se conoce la causa precisa de la toxicidad de los escómbridos. Sin embargo, se lo asocia al alto nivel de histamina en la carne. Los escómbridos, como característica, tienen altas concentraciones del aminoácido histidina, que es transformada por la enzima bacteriana descarboxilasa en histamina. A esta enzima se la encuentra en bacterias que provienen de las Enterobacteriaceae, particularmente *Proteus morganii*, *Klebsiella* y *Hafnia* spp. Estas bacterias tienen generalmente un crecimiento mínimo a temperaturas de alrededor de +8°C y un crecimiento muy rápido a temperaturas mayores de 15°C. Durante el almacenamiento del pescado en hielo se forman sólo pequeñas cantidades de histamina (≈3-4 mg/100 g de pescado); sin embargo, si se almacena el pescado a temperatura ambiente alta (15-20°C) rápidamente se forman grandes cantidades de histamina y el pescado puede resultar tóxico, aun cuando todavía sea aceptable para el consumidor (Gilbert *et al.*, 1980).

La práctica ha demostrado que en brotes de intoxicación por escómbridos el contenido de histamina del pescado es normalmente superior a 20 mg/100 g de pescado, y se ha sugerido este nivel como un patrón internacional.

Sin embargo, la histamina parece no ser el único agente causante de la intoxicación por escómbridos ya que la histamina misma no resulta tóxica cuando se la ingiere oralmente.

Bjeldanes (1978) en su estudio concluye diciendo que probablemente la cadaverina, junto con la histamina, es importante en la etiología de la intoxicación por escómbridos.

Productos químicos

Los productos químicos se pueden encontrar en el tejido del pescado y otras especies depredadoras como resultado de un bioaumento, que es la concentración de productos químicos en los niveles tróficos superiores de la cadena alimenticia. O pueden estar presentes, como resultado de una bioacumulación, donde la concentración de productos químicos se incrementa en el tejido como consecuencia de una acumulación a lo largo del tiempo de vida del pescado. En este caso, un pescado grande (es decir, viejo) tendrá mayor contenido de productos químicos que un pescado pequeño (joven) de la misma especie.

El primer impacto con el peligro potencial de la contaminación de alimentos con productos químicos fue en 1953 en la Bahía de Minamata, Japón. Una misteriosa enfermedad neurológica, que alcanzó proporciones de epidemia (44 muertos y 111 casos de enfermedad grave, con trastornos en oído y vista y daños cerebrales), resultó ser envenenamiento con metil mercurio. El mercurio contaminó la bahía a través de los desagües de desechos industriales y sistemas cloacales, con lo que el pescado capturado en la bahía fue el responsable de la enfermedad. El incidente de Minamata se repitió posteriormente (1962) en Niigata, también en Japón.

El mercurio, como elemento natural, está distribuido por toda la tierra. Sin embargo, la distribución natural es significativamente alterada por el hombre dado que el mercurio se usa en varios procesos industriales y agrícolas y es liberado por la combustión de combustibles fósiles. Por lo tanto el riesgo de polución ambiental en áreas vecinas es alto.

En numerosos estudios se ha llegado a la conclusión de que el nivel de mercurio en los océanos no ha cambiado significativamente (Bradley y Hugunin, 1980), siendo los niveles naturales en agua de mar del orden de 0,01-0,02 ppb. En el pescado de mar abierto se encontraron niveles de 0,05-0,08 mg/kg, pero en el pescado de aguas de la costa de Escandinavia los valores fueron diez veces superiores (Engberg, 1976).

Un grupo de expertos FAO/OMS estableció una «ingestión semanal tolerable provisional» de 0,2 mg de metil mercurio por persona. En base a ello, un número de países impusieron límites de tolerancia sobre los alimentos. Así, en Estados Unidos y Canadá se permite un máximo de 0,5 mg Hg/kg de pescado, mientras que en otros países se permite hasta 1 mg Hg/kg.

Hasta ahora no se han registrado casos de intoxicación por alimentos debida a otros metales pesados o sustancias peligrosas derivadas de fuentes industriales. Sin embargo, importantes organismos tienen en cuenta los aspectos público-sanitarios de la polución ambiental para poder así identificar las sustancias presentes en el pescado y los mariscos que son un riesgo potencial para el hombre. Esto requiere investigaciones locales y vigilancia del medio y del

pescado. Otros compuestos de interés público son: cadmio, cobalto, plomo, residuos de pesticidas (DDT) y difenilos policlorinados (PCB). Coffin y McKinley (1980) establecieron que los pesticidas no se encuentran presentes en el pescado en cantidades alarmantes. Debido a las restricciones sobre su uso, los niveles de pesticidas en el pescado y en el medio están disminuyendo (Figura 7.4).

Enfermedades del pescado

No se conocen enfermedades bacterianas o virósicas del pescado que puedan transmitirse al hombre. De hecho es muy raro encontrar pescados de mar

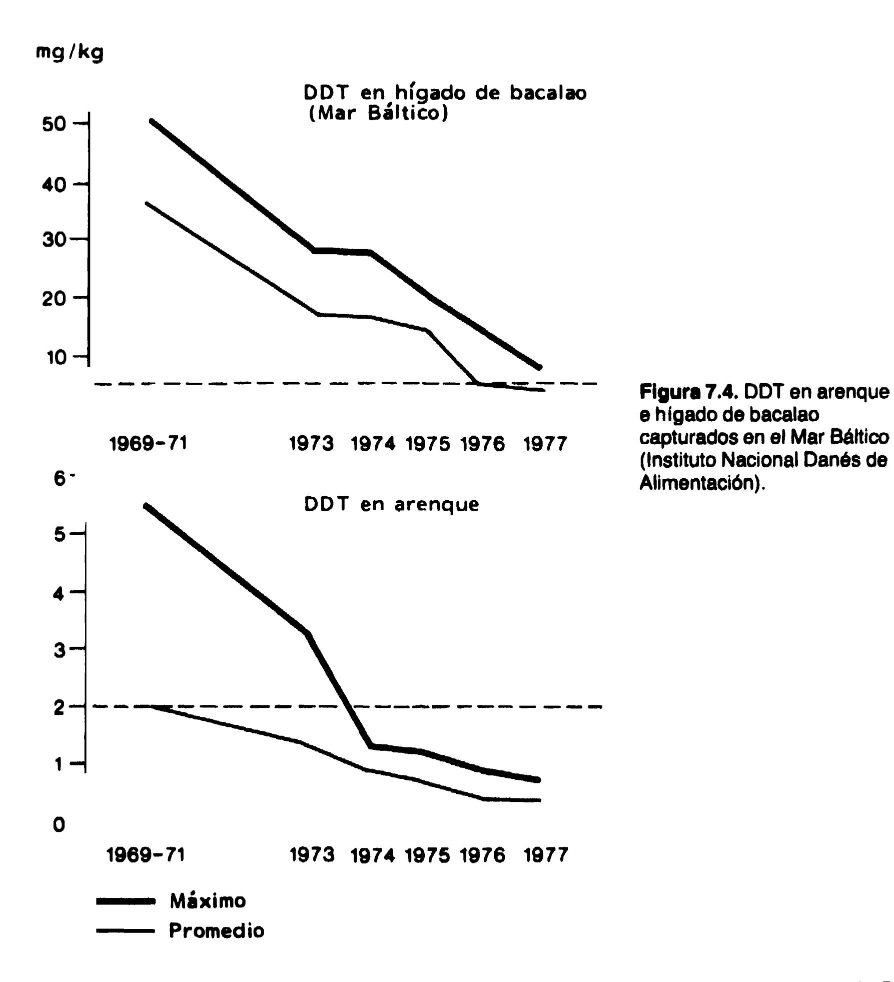


Figura 7.4. DDT en arenque e hígado de bacalao capturados en el Mar Báltico (Instituto Nacional Danés de Alimentación).

Figura 7.5. Ulcus en bacalao (*Gadus morhua*). (Síndrome ulceroso.)



Figura 7.6. Ulcus en anguila (*Anguilla anguilla*).



Figura 7.7. Anomalía esquelética en bacalao (*Gadus morhua*).



Figura 7.8. Papiloma en pescado plano (*Pleuronectes platessa*).

adentro que presenten alguna enfermedad, mientras que en áreas costeras gran parte del pescado está afectado por varios tipos de enfermedades crónicas. Muy frecuentemente se observan varias formas de úlceras (Figura 7.5). Se ha demostrado (Larsen *et al.*, 1978) que esta enfermedad en pescados de agua de mar probablemente es la causa de un virus seguido por una infección con *V. anguillarum*. Las infecciones con *Aeromonas hydrophila* pueden causar ulceraciones en el pescado de agua dulce (Figura 7.6). Otros defectos que se presentan en el pescado son desgaste de las aletas, deformaciones en el esqueleto (Fig. 7.7) y varias formas de papilomas y crecimiento de tumores (Figura 7.8).

Referencias

ACKMAN, R.G. Fish lipids. Part 1. En: *Advances in fish science and technology*, p. 86-
1980 103, ed. J.J. Connell. Farnham, Surrey, Reino Unido, Fishing News (Books) Ltd.

AGUSTSSON, I. & STRØM, A.R. Biosynthesis and turnover of trimethylamine oxide in the
1981 teleost cod, *Gadus morhua*. *J. Biol. Chem.*, 256(15):8045-9.

ALEMAN, M.P., KAKUDA, K. & UCHIYAMA, H. Partial freezing as a means of keeping
1982 freshness of fish. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, (106):11-26.

AMU, L. & DISNEY, J.G. Quality changes in West African marine fish during iced spoil-
1973 age. *Trop. Sci.*, 15(2):125-38.

ANDERSEN, E., JUL, M. & RIEMANN, H. Industriel levnedsmiddel-konservering, Vol. 2.
1965 Kuldekonservering. Copenhague, Teknisk Forlag.

ARNOLD, S.H. & BROWN, W.D. Histamine (?) toxicity from fish products. *Adv. Food*
1978 *Res.*, 24:113-54.

BARNES, E.M. & INGRAM, M. Changes in the oxidation-reduction potential of the ster-
1955 nocephalicus muscle of the horse after death in relation to the development of bacteria. *J. Sci. Food Agric.*, 6:448-55.

BARNETT, H.J. *et al.* Studies on the use of carbon dioxide dissolved in refrigerated brine
1971 for the preservation of whole fish. *Fish. Bull. NOAA/NMFS*, 69(2):433-42.

BEATTY, S.A. & GIBBONS, N.E. The measurement of spoilage in fish. *J. Biol. Board*
1937 *Can.*, 3(1):77-91.

BELINSKI, E. Biosynthesis of trimethylammonium compounds in aquatic animals. 4. Pre-
1964 cursors of trimethylamine oxide and betaine in marine teleosts. *J. Fish. Res. Board Can.*, 21(4):765-71.

BELL, G.H., EMSLIE-SMITH, D. & PATERSON, C.R. *Textbook of physiology and bioche-*
1976 *mistry*, 9ª ed. Edimburgo, Churchill Livingstone.

BENDALL, J.R. The structure and composition of muscle. En: *Recent advances in food*
1962 *science*, vol. 1:58-67, eds. J. Hawthorn & J. Muil Leitch. Londres, Butterworths.

BJELDANES, L.F., SCHUTZ, D.E. & MORRIS, M.M. On the aetiology of scombroid poiso-
1978 ning: cadaverine potentiation of histamine toxicity in the guinea-pig. *Food Cosmet. Toxicol.*, 16:157-9.

BLACK, E.C. *et al.* Changes in glycogen, pyruvate and lactate in rainbow trout (*Salmo*
1962 *gairdneri*) during and following muscular activity. *J. Fish. Res. Board Can.*, 19(3):409-36.

BLIGH, E.G. & DYER, W.S. A rapid method of total lipid extraction and purification.
1959 *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37:911-7.

BRADLEY, R.L. & HUGUNIN, A.G. Mercury in food, feedstuffs and the environment.
1980 En: *The safety of foods*, 2ª ed., ed. H.D. Graham. Westport, Connecticut, AVI Publishing Co.

BRAEKKAN, O.R. Den ernæringsmessige betydning av fisk. *Fiskets Gang*, (35).
1976

BURT, J.R. Hypoxanthine: a biochemical index of fish quality. *Process Biochem.*,
1977 12(1):32-5.

BURT, J.R., MURRAY, J. & STROUD, G.D. An improved automated analysis of hypo-
1968 xanthine. *J. Food Technol.*, 3:165-70.

BUTTKUS, H.J. Red and white muscle of fish in relation to rigor mortis. *J. Fish. Res.*
1963 *Board Can.*, 20(1):45-58.

CANN, D.C. *et al.* The growth and toxin production of *Clostridium botulinum* type E in
1965 certain vacuum-packed fish. *J. Appl. Bacteriol.*, 28(3):431-6.

CASTELL, C.H. Spoilage rates at 37° and 32°F. (Durée de conservation du poisson à 37° et à 32°F). *Prog. Rep. Atl. Coast Stn. Fish. Res. Board Can.*, (46):3-6.
1949

CASTELL, C.H., NEAL, W.E. & DALE, J. Comparison of changes in trimethylamine, dimethylamine and extractable protein in iced and frozen gadoid fillets. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30(8):1246-8.
1973

CHENG, T.C. Human parasites transmissible by seafood – and related problems. En: *Microbial safety of fishery products*, p. 163-89, ed. C.O. Chichester & H.D. Graham. Nueva York, Academic Press.
1973

CHEYNE, A. How the Torrymeter aids quality control in the fishing industry. *Fish. News Int.*, 14(12):71-6.
1975

CHRISTENSEN, N.O. & ELLEMANN, G. Henneguya cyste-forekmst hos importerede stillehavslaks (*Onchorhynchus* spp.). *Dansk Vet. Tidsskr.*, 59(23):1057-61.
1976

CLARK, D.S. & LENTZ, C.P. The effect of carbon dioxide and growth of slime-producing bacteria on fresh beef. *Can. Inst. Food Technol. J.*, 2:72-5.
1969

COFFIN, D.E. & MCKINLEY, W.P. Sources of pesticide residues. En: *The safety of foods*, p. 498-514, 2ª ed., ed. H.D. Graham. Westport, Connecticut, AVI Publ. Co.
1980

CONNELL, J.J. *Control of fish quality.* Farnham, Surrey, Reino Unido, Fishing News (Books) Ltd.
1975

CONWAY, E.J. & BYRNE, A. An absorption apparatus for the microdetermination of certain volatile substances. 1. The microdetermination of ammonia. *Biochem. J.*, 27:419-29.
1933

CURRAN, C.A., CRAMMOND, V. DE B. & NICOLAIDES, L. Spoilage of fish from Hong Kong at different storage temperatures. 2. Quality changes in threadfin bream (*Nemipterus japonicus*) stored at 0°C (in ice), and 5 and 10°C. *Trop. Sci.*, 23(2):129-45.
1981a

CURRAN, C.A., NICOLAIDES, L. & AL-ALAWI, Z.S. Quality changes during iced storage of three commercially important species of fish from Bahrain. *Trop. Sci.*, 23(4):253-68.
1981b

CURRAN, C.A. *et al.* Spoilage of fish from Hong Kong at different storage temperatures. 1. Quality changes in gold-lined sea bream (*Rhabdosargus sarba*) during storage at 0°C (in ice) and 10°C. *Trop. Sci.*, 22(4):367-82.
1980

CUSHING, D. *Fisheries resources of the sea and their management.* Londres, Oxford Univ. Press.
1975

DEBEVERE, J.M. & VOETS, J.P. Microbiological changes in prepacked cod fillets in relation to the oxygen permeability of the film. *J. Appl. Bacteriol.*, 34(3):507-13.
1971

DEBEVERE, J.M. & VOETS, J.P. Microbiological changes in prepacked plaice in relation to the oxygen permeability of the film. *Lebensm.-Wiss. Technol.*, 7(2):73-5.
1974

DINAMARCA. Min. de Pesca, Univ. Técnica *Annual Report.* Lyngby, Laboratorio Tecnológico, Min. de Pesca, Univ. Técnica.
1971

DINAMARCA. Min. de Pesca, Univ. Técnica *Annual Report.* Lyngby, Laboratorio Tecnológico, Min. de Pesca, Univ. Técnica.
1973

DINAMARCA. Min. de Pesca, Univ. Técnica *Annual Report.* Lyngby, Laboratorio Tecnológico, Min. de Pesca, Univ. Técnica.
1975

DUNAJSKI, E. Texture of fish muscle. *J. Texture Stud.*, 10(4):301-18.
1980

DYER, W.J. Amines in fish muscle. 1. Colorimetric determination of trimethylamine as the picrate salt. *J. Fish. Res. Board Can.*, 6(5):351-8.
1945

EASTER, M.C., GIBSON, D.M. & WARD, F.B. The induction and location of trimethylamine-N-oxide reductase in *Alteromonas* sp. NCMB 400. *J. Gen. Microbiol.*, 129:3689-96.
1983

EHIRA, S. A biochemical study on the freshness of fish. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, (88):1-132.
1976

EIDE, O., BØRRESEN, T. & STRØM, T. Minced fish production from capelin (*Mallotus villosus*). A new method for gutting, skinning and removal of fat from small fatty fish species. *J. Food. Sci.*, 47:347-9, 354.
1982

ELLIOTT, P.R. & MICHENER, H.D. Factors affecting the growth of psychrophilic micro-
1965 organisms in foods. *Tech. Bull. Agric. Res. Serv. US Dept. Agric.*, (1320).

ENGBERG, A. Undersøgelser vedrørende tungmetaller i hav- og kystfisk, 1973-75. *Publ.*
1976 *Natl. Food Inst. Denmark*, (33).

ERIKSSON, N.E. & JOHNSON, G. *Fisken*. Oslo, Landbruksforlaget.
1979

FRASER, D.I. *et al.* Nucleotide degradation, monitored by thin-layer chromatography
1967 and associated post-mortem changes in relaxed cod muscle. *J. Fish. Res. Board Can.*, 24(8):1837-41.

FRASER HILTZ, D. *et al.* Variation of biochemical quality indices by biological and tech-
1971 nological factors. En: *Fish inspection and quality control*, p. 191-5, ed. R. Kreuzer. Londres, Fishing News (Books) Ltd. (Para la FAO)

GILBERT, R.J. *et al.* Scombrotoxic fish poisoning - features of the first 50 incidents to be
1980 reported in Britain (1976-1979). *Brit. Med. J.*, 281:71-2.

GILDBERG, A. Proteolytic activity and frequency of burst bellies in capelin. *J. Food*
1978 *Technol.*, 13:409-16.

GILDBERG, A. *Autolysis of fish tissue - general aspects*. Tromsø, Noruega, Inst. de Pesca,
1982 Univ. Tromsø. (Tesis)

GILDBERG, A. & RAA, J. Solubility and enzymatic solubilization of muscle and skin of
1979 capelin (*Mallotus villosus*) at different pH and temperature. *Comp. Biochem. Physiol. (B. Comp. Biochem.)*, 63:309-14.

GILDBERG, A. & RAA, J. Tissue degradation and belly bursting in capelin. En: *Advances*
1980 *in fish science and technology*, p. 255-8, ed. J.J. Connell. Farnham, Surrey, Reino Unido, Fishing News (Books) Ltd.

GILL, C.O. & TAN, K.H. Effect of carbon dioxide on growth of meat spoilage bacteria.
1980 *Appl. Environ. Microbiol.*, 39(2):317-9.

GILLESPIE, N.C. & MACRAE, J.C. The bacterial flora of some Queensland fish and its
1975 ability to cause spoilage. *J. Appl. Bacteriol.*, 39:91-100.

GRANROTH, B., KIESVAARA, M. & PITKAENIEMI, M. Exopeptidases in Baltic herring.
1978 *Finn. Chem. Lett.*, (108-11).

GULLAND, J.A. *The fish resources of the ocean*. Rev. ed. de *FAO Fish. Tech. Pap.*, (97).
1971 West Byfleet, Surrey, Reino Unido, Fishing News (Books) Ltd. (Para la FAO)

HAMM, R. *Kolloidchemie des Fleisches. Das Wasserbindungsvermoegen des Muskelei-*
1972 *weisses in Theorie und Praxis*. Berlin, Paul Parey.

HANSEN, P. Kølelagring af fed fisk. *Konserv. Dybfrost*, (3).
1968

HANSEN, P. Storage life of prepacked wet fish at 0°C. 2. Trout and herring. *J. Food Tech-*
1972 *nol.*, 7:21-6.

HANSEN, P. *Behovet for hurtig iskøling af fangsten*. Lyngby, Dinamarca, Laboratorio
1981 Tecnológico, Min. de Pesca, Univ. Técnica.

HARDY, R. Fish lipids. Part 2. En: *Advances in fish science and technology*, p. 103-11, ed.
1980 J.J. Connell. Farnham, Surrey, Reino Unido, Fishing News (Books) Ltd.

HASHIMOTO, Y. Taste-producing substances in marine products. En: *The technology of*
1965 *fish utilization*, p. 57-60, ed. R. Kreuzer. Londres, Fishing News (Books) Ltd. (Para la FAO)

HEALY, G.R. & JURANEK, D. Parasitic infections. En: *Foodborne infections and intoxi-*
1979 *cation*, p. 343-85, ed. H. Riemann & F.L. Bryan. Nueva York, Ac. Press.

HEBARD, C.E., FLICK, G.J. & MARTIN, R.E. Occurrence and significance of trimethyla-
1982 mine oxide and its derivatives in fish and shellfish. En: *Chemistry and biochemistry of marine food products*, p. 149-304, ed. R.E. Martin *et al.* Westport, Connecticut, AVI Publishing Co.

HERBERT, R.A. & SHEWAN, J.M. Roles played by bacterial and autolytic enzymes in the
1976 production of volatile sulphides in spoiling North Sea cod (*Gadus morhua*). *J. Sci. Food Agric.*, 27:89-94.

HERBERT, R.A. *et. al.* Bacteria active in the spoilage of certain sea foods. *J. Appl. Bac-*
1971 *teriol.*, 34(1):41-50.
HJELMELAND, K. & RAA, J. Fish tissue degradation by trypsin type enzymes. En:
1980 *Advances in fish science and technology*, p. 456-9, ed. J.J. Connell. Farnham, Surrey, Reino Unido, Fishing News (Books) Ltd.
HOAR, W.S. The gonads and reproduction. En: *The physiology of fishes*, p. 287-321, ed.
1957 M.E. Brown. Nueva York, Academic Press.
HOBBS, G. The bacteriology of fish handling and processing. En: *Developments in food*
1982 *microbiology*, vol. 1:71-117, ed. R. Davies. Barking, Essex, Reino Unido, Applied Science Publishers.
HOBBS, G. Food poisoning and fish. *R. Soc. Health J.*, 103:144-9.
1983
HUSS, H.H. Prepacked fresh fish. En: *Fish inspection and quality control*, p. 60-5, ed. R.
1971 Kreuzer. Londres, Fishing News (Books) Ltd. (Para la FAO)
HUSS, H.H. Storage life of prepacked wet fish at O°C. I. Plaice and haddock. *J. Food*
1972 *Technol.*, 7:13-19.
HUSS, H.H. Konsumfisk - biologi, teknologi, kvalitet og holdbarhed. *Dansk Vet.*
1976 *Tidsskr.*, 59(5-6):165-75.
HUSS, H.H. Clostridium botulinum *type E and botulism*. Lyngby, Dinamarca, Labora-
1981 torio Tecnológico, Min. de Pesca, Univ. Técnica.
HUSS, H.H. & ASENJO, I. Storage life of gutted and ungutted white fish. En: *Annual*
1976 *report*. Lyngby, Dinamarca, Laboratorio Tecnológico, Min. de Pesca.
HUSS, H.H. & ASENJO, I. Some factors influencing the appearance of fillets from white
1977a fish. En: *Annual report*. Lyngby, Dinamarca, Laboratorio Tecnológico, Min. de Pesca.
HUSS, H.H. & ASENJO, I. Some technological characteristics of hake from South Ame-
1977b rican waters. En: *Handling, processing and marketing of tropical fish*, p. 89-94, ed. P. Sutcliffe & J. Disney. Londres, Tropical Products Institute.
HUSS, H.H. & ESKILDSEN, V. Botulism in farmed trout caused by *Clostridium botulinum*
1974 type E. *Nord. Vet.-Med.*, 26:733-8.
HUSS, H.H. & LARSEN, A. The post-mortem changes in the oxidation-reduction poten-
1979 tial of fish muscle and internal organs. En: *Food as an ecological environment for pathogenic and index-organism*, p. 265-79, ed. K. Sobolenska-Ceronik, E. Ceronik & S. Zaleski. Polonia, Ars Polonia.
HUSS, H.H. & LARSEN, A. Changes in the oxidation-reduction potential (Eh) of smoked
1980 and salted fish during storage. *Lebensm.-Wiss. Technol.*, 13:40-3.
HUSS, H.H. & PEDERSEN, A. *Clostridium botulinum* in fish. *Nord. Vet.-Med.*, 31:
1979 214-21.
HUSS, H.H. & RYE PETERSEN, E. The stability of *Clostridium botulinum* type E toxin in
1980 salty and/or acid environment. *J. Technol.*, 15:619-27.
ICMSF (Comisión Internacional de Especificaciones Microbianas para Alimentos).
1974 *Micro-organisms in foods. Vol. 2. Sampling for microbiological analysis: principles and specific applications*. Toronto, Univ. Toronto Press.
ITO, Y. & WATANABE, K. Variations in chemical composition in the fillet of corvina and
1968 "pescada-foguete". *Contrib. Inst. Oceanogr. Univ. São Paulo (Ser. Technol.)*, (5):1-6.
JAHNS, F.D. *et al.* A rapid visual enzyme test to assess fish freshness. *Food Technol.*,
1976 30(7):27-30.
JAMES, D. The future for fish in nutrition. *Infofish Market. Dig.*, 4:41-4.
1984
JANGAARD, P.M. *et al.* Seasonal changes in general condition and lipid content of cod
1967 roe from inshore waters. *J. Fish. Res. Board Can.*, 24(3):607-12.
JASON, A.C. & LEES, A. Estimation of fish freshness by dielectric measurement. *Dep.*
1971 *Trade Ind. Rep. Torry Res. Stn. Aberdeen*, (71/1).

JENSEN, M.H. Detailpakning af fersk mager fisk. *Dansk Vet. Tidsskr.*, 63(2):50-5.
1980

JENSEN, M.H. *et al.* Storage of chilled cod under vacuum and at various concentrations
1980 of carbon dioxide. En: *Advances in fish science and technology*, p. 294-7, ed. J.J. Connell. Farnham, Surrey, Reino Unido, Fishing News (Books) Ltd.

JOHNSON, E.A. *et al.* Evaluation of the compressive deformability modulus of fresh and
1980 cooked fish flesh. *J. Food Sci.*, 45:1318-20, 1326.

JONES, N.R. Hypoxanthine and other purine-containing fractions in fish muscle as indi-
1965 ces of freshness. En: *The technology of fish utilization*, p. 179-83, ed. R. Kreuzer. Londres, Fishing News (Books) Ltd. (Para la FAO)

JONES, N.R. & MURRAY, J. Rapid measures of nucleotide dephosphorylation in iced fish
1964 muscle: their value as indices of freshness and of inosine 5'-monophosphate concentration. *J. Sci Food Agric.*, 15:684-90.

KARMAS, E. & TUERK, K. A gravimetric adaptation of the filter paper press method for
1975 the determination of water-binding capacity. *Z. Lebensmittelunters.-Forsch.*.

KAWABATA, T. Studies on the trimethylamine oxide-reductase. 1. Reduction of trime-
1953 thylamine oxide in the dark muscle of pelagic migrating fish under aseptic conditions. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 19(4):505-12.

KJOSBAKKEN, J. *Nitrogenektraktiver i sild, lodde og makrell.* Inst. Technical Biochemis-
1970 try, NTH, Univ. Trondheim, Noruega. (Tesis de doctorado)

KJOSBAKKEN, J. & LARSEN, H. *Bakteriell dekomponering av fisk i bulk. 1. Isolasjon av*
1974 *unaerobe ammoniak-produccrende bakterier.* Inst. Technical Biochemistry, NTH, Univ. de Trondheim, Noruega.

KNOECHEL, S. & HUSS, H.H. Ripening and spoilage of sugar salted herring with and
1984 without nitrate. 1. Microbiological and related chemical changes. *J. Food Technol.*, 19:203-13.

KNORR, G. *Atlas zur Anatomie und Morphologie der Nutzfische.* Berlín, Verlag Paul
1974 Parey.

KONAGAYA, S. Screening of peptidases in fish muscle. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*,
1978 94:1-28.

KONOSU, S. & YAMAGUCHI, K. The flavor components in fish and shellfish. En: *Chemis-*
1982 *try and biochemistry of marine food products*, p. 367-404, ed. R.E. Martin *et al.* Westport, Connecticut, AVI Publishing Co.

KROGH, P. Measurements of paralytic shellfish poisons. *Nord. Vet.-Med.*, 31:302-8.
1979

LAGLER, K.F. *et al. Ichthyology.* Nueva York, John Wiley & Sons.
1977

LARSEN, J.L., JENSEN, N.C. & CHRISTENSEN, N.O. Water pollution and the ulcersyn-
1978 drome in the cod (*Gadus morhua*). *Vet. Sci. Commun.*, 2:207-16.

LEA, C.W. Methods for determining peroxides in lipids. *J. Sci. Food Agric.*, 3:586-693.
1952

LERKE, P., FARBER, L. & ADAMS, R. Bacteriology and spoilage of fish muscle. 4. Role
1967 of protein. *Appl. Microbiol.*, 15(4):770-6.

LICCIARDELLO, J.J. *et al.* Thermal inactivation of type E *Clostridium botulinum* toxin.
1967a *Appl. Microbiol.*, 15:249-56.

LICCIARDELLO, J.J. *et al.* Kinetics of the thermal inactivation of type E *Cl. botulinum*
1967b toxin. *Appl. Microbiol.*, 15:344-9.

LIMA DOS SANTOS, C.A.M. *Bacterial spoilage of iced Amazonian freshwater catfish.*
1978 Reino Unido, Loughborough Univ. Technology. (Tesis de licenciatura)

LIMA DOS SANTOS, C.A.M. The storage of tropical fish in ice — a review. *Trop. Sci.*,
1981 23(2):97-127.

LISTON, J. Fish and shellfish and their products. En: *Microbial ecology of foods*, vol.
1980a 2:567-605, ed. J.H. Silliker *et al.* Nueva York, Academic Press.

LISTON, J. Health and safety of sea-foods. *Food Technol. Aust.*, 32(9):428-36.
1980b

LOHNE, P. Fettfraskilling - ny kunnskap kan apne for flere prosessmuligheter. *Inf. SSF*
1976 *(Nor. Oil Meal Ind. Res. Inst.) Bergen*, (3):9-14.
LOVE, R.M. *The chemical biology of fishes*. Londres, Academic Press.
1970
LOVE, R.M. Gaping of fillets. *Torry Advis. Note, Aberdeen*, (61).
1973
LOVE, R.M. Variability in Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the northeast Atlantic: a
1975 review of seasonal and environmental influences on various attributes of the flesh. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32 (12):2333-42.
LOVE, R.M. *The chemical biology of fishes*. Vol. 2. Londres, Academic Press.
1980
MACKIE, J.M. & THOMSON, B.W. Decomposition of trimethylamine oxide during iced
1974 and frozen storage of whole and comminuted tissue of fish. *Proc. Int. Congr. Food Sci. Technol.*, 4(1):243-50.
MACLEAN, N.L. & CASTELL, C.H. Spoilage of fish in vessels at sea. En: *Chilling of fish*,
1956 p. 251-8, ed. E. Hess & G.N.S. Rao. La Haya, Países Bajos, Min. de Agricultura, Pesca y Alimentación.
MALINS, D.C. & WEKELL, J.C. The lipid biochemistry of marine organisms. En: *Pro-*
1970 *gress in the chemistry of fats and other lipids*, vol. 10:337-63, ed. R.T. Holman. Oxford, Pergamon Press.
MARVIK, S. Research Laboratory of the Norwegian Canning Industry, Stavanger,
1976 Noruega. (Datos inéditos)
MCLAY, R. Activities of cathepsins A and D in cod muscle. *J. Sci. Food Agric.*, 31:
1980 1050-4.
MERRITT, J.H. Superchilling on board trawlers. *Bull. Int. Inst. Refrig.*, Annex 1965
1965 (5):183-90.
MJELDE, A. Brug af køling og kulsyre for at forlænge holdbarheden af vinterlodde. *Inf.*
1974 *SSF (Norw. Oil Meal Ind. Res. Inst.) Bergen*, (2):15-17.
MJELDE, A. Konservering af vinterlodde med is og kulsyre. *Inf. SSF (Norw. Oil Meal*
1975 *Ind. Res. Inst.) Bergen*, (4):9-11.
MØLLER CHRISTENSEN, J. *Havet som næringskilde*. Copenhague, P. Hasse & Son.
1968
MØLLER CHRISTENSEN, J. *Fiskeliv i Nordsøen*. Copenhague, Nordisk Forlag A/S.
1977
MOUSTGARD, J. *Lærebog i Husdyrenes Fysiologi og Ernæringsfysiologi*. Copenhague,
1957 A/S C.Fr. Mortensen.
MURRAY, C.K. & FLETCHER, T.C. The immunohisto-chemical localization of lysozyme
1976 in plaice (*Pleuronectes platessa* L.) tissues. *J. Fish Biol.*, 9:329-34.
MURRAY, J. & BURT, J.R. The composition of fish. *Torry Advis. Note, Aberdeen*, (38).
1969
MURRAY, J. & THOMSON, A.B. Reverse phase ion pair separation of nucleotides and
1983 related products in fish muscle. *Torry Mem., Aberdeen*, (656).
NAZIR, D.J. & MAGAR, N.G. Biochemical changes in fish muscle during rigor mortis. *J.*
1963 *Food Sci.*, 28(1):1-7.
OHYE, D.F. & SCOTT, W.J. Studies on the physiology of *Clostridium botulinum* type E.
1957 *Aust. J. Biol. Sci.*, 10:85-94.
OKADA, M. Utilization of small pelagic species for food. En: *Proc. 3rd National Techni-*
1980 *cal Seminar on Mechanical Recovery and Utilization of Fish Flesh*. Raleigh, N. C. Wáshington, National Fisheries Inst.
OLAFSEN, J.A., REFSNES, K.H. & LARSEN, H. *Postmortale forandringer i fisk. 5. Kine-*
1971 *tiske studier over bakterielle omsætninger i sildeekstrakt*. Noruega.
OLLEY, J. & RATKOWSKY, D.A. The role of temperature function integration in monito-
1973 ring of fish spoilage. *Food Technol. N.Z.*, 8(2):13,15,17.
OLSEN, K.B. Lyngby, Dinamarca, Laboratorio Tecnológico, Min. de Pesca, Univ. Téc-
1977 nica. (Comunicación personal)

PARTMANN, W. Changes in proteins, nucleotides and carbohydrates during rigor mortis.
1965a En: *The technology of fish utilization*, p. 4-13, ed. R. Kreuzer. Londres, Fishing News (Books) Ltd. (Para la FAO)

PARTMANN, W. Some experience concerning superchilling of fish. *Bull. Int. Inst. Refrig.*,
1965b Annex 1965 (5):191-200.

PAWAR, S.S. & MAGAR, N.G. Biochemical changes in catfish, tilapia and mrigal fish
1965 during rigor mortis. *J. Food Sci.*, 30:121-5.

PETERS, J.A., BENZANSON, A.F. & GREEN, J.H. Effect of draining method on the qua-
1974 lity of fish stored in boxes. *Mar. Fish. Rev.*, 36(2):33-5.

POULTER, R.G. *et al.* Quality changes in three Sri Lankan fish species stored in ice. *Trop.*
1981 *Sci.*, 23(2):155-68.

POULTER, R.G. *et al. Comparison of the biochemistry and bacteriology of tropical and*
1982 *temperate water fish during preservation and processing.* Documento presentado al: Symposium on Harvest and Post-Harvest Technology of Fish, Cochin, India, Noviembre 1982. Londres, Trop. Dev. and Res. Inst.

POWER, H.E., MORTON, M.L. & SINCLAIR, R.E. The chemical and physical characteris-
1969 tics of cod stored at superchill temperatures. En: *Freezing and irradiation of fish*, p. 104-13, ed. R. Kreuzer. Londres, Fishing News (Books) Ltd.

RANDALL, D.J. The circulatory system. En: *Fish physiology*, vol. 4:133-72, ed. W.S.
1970 Hoar & D.J. Randall. Londres, Academic Press.

REDDI, P.K., CONSTANTINIDES, S.M. & DYMSZA, H.A. Catheptic activity of fish muscle.
1972 *J. Food Sci.*, 37:643-8

REFSNES, K.H. & LARSEN, H. *Postmortale forandringer i fisk. 6. Bakterielle omsetninger*
1972 *i lodde lagret i tank.* Inst. Technical Biochemistry, Noruega.

RINGØ, E., STENBERG, E. & STRØM, A.R. Amino-acid and lactate catabolism in trimet-
1984 hylamine oxide respiration of *Alteromonas putrefaciens* NCMB 1735. *Appl. Environ. Microbiol.*, 47(5):1084-9.

RUITER, A. Trimethylamine and the quality of fish. *Voedingsmiddelentechnologie*,
1971 2(43):1-10.

SAKAGUCHI, M., KAN, K. & KAWAI, A. Induced synthesis of membrane-bound c-type
1980 cytochromes and trimethylamine oxide reductase in *Escherichia coli*. En: *Advances in fish science and technology*, p. 472-6, ed. J.J. Connell. Farnham, Surrey, Reino Unido, Fishing News (Books) Ltd.

SALOMONSDOTTIR, E. & BJARNASON, J. Icelandic Fisheries Laboratories, Reykjavik,
1975 Islandia. (Comunicación personal)

SCARLATTI, E. System for preserving fish on board deepwater vessels. En: *Fish handling*
1965 *and preservation*. París, OECD.

SCOTT, W.J. The growth of microorganisms on ox muscle. 3. The influence of 10 percent
1938 carbon dioxide on rate of growth at –1°C. *J. Aust. Counc. Sci. Ind. Res.*, 11:266-77

SHAW, B.G. & SHEWAN, J.M. Psychrophilic spoilage bacteria of fish. *J. Appl. Bacteriol.*,
1968 31:89-96.

SHEWAN, J.M. The bacteriology of fresh and spoiling fish and some related chemical
1962 changes. En: *Recent advances in food science*, vol. 1:167-93, ed. J. Hawthorn & J. Muil Leitch. Londres, Butterworths.

SHEWAN, J.M. The biodeterioration of certain proteinaceous foodstuffs at chill tempera-
1974 tures. En: *Industrial aspects of biochemistry*, p. 475-90, ed. B. Spencer. Amsterdam, North Holland Publishing Co. (Para la Federation of European Biochemical Societies)

SHEWAN, J.M. The bacteriology of fresh and spoiling fish and the biochemical changes
1977 induced by bacterial action. En: *Handling, processing and marketing of tropical fish*, p. 51-66. Londres, Tropical Products Inst.

SHEWAN, J.M., GIBSON, D.M. & MURRAY, C.K. The estimation of trimethylamine in
1971 fish muscle. En: *Fish inspection and quality control*, p. 183-6, ed. R. Kreuzer. Londres, Fishing News (Books) Ltd. (Para la FAO)

SHEWAN, J.M. & JONES, N.R. Chemical changes occurring in cod muscle during chill storage and their possible use as objective indices of quality. *J. Sci. Food Agric.*, 8:491.
1957

SHEWAN, J.M. & MURRAY, C.K. The microbial spoilage of fish with special reference to the role of psychrophiles. En: *Cold-tolerant microbes in spoilage and the environment*, p. 117-36, ed. A.D. Russell & R. Fuller. Londres, Academic Press.
1979

SIEBERT, G. & SCHMITT, A. Fish tissue enzymes and their role in the deteriorative changes in fish. En: *The technology of fish utilization*, p. 47-52, ed. R. Kreuzer. Londres, Fishing News (Books) Ltd. (Para la FAO)
1965

SMITH, J.G.M. *et al.* The storage of herring (*Clupea harengus*) in ice, refrigerated seawater and at ambient temperature. Chemical and sensory assessment. *J. Sci. Food Agric.*, 31(4):375-85.
1980

SPINELLI, J. Effect of hypoxanthine on the flavor of fresh and stored low-dose-irradiated petrale sole fillets. *J. Food Sci.*, 30(6):1063-7.
1965

STANSBY, M.E. Proximate composition of fish. En: *Fish in nutrition*, p. 55-60, ed. E. Heen & R. Kreuzer. Londres, Fishing News (Books) Ltd. (Para la FAO)
1962

STANSBY, M.E. & HALL, A.S. Chemical composition of commercially important fish of the USA. *Fish. Ind. Res.*, 3(4):29-34.
1967

STENBERG, E., STYRVOLD, O.B. & STRØM, A.R. Trimethylamine oxide respiration in *Proteus* sp. strain NTCH 153: electron transfer-dependent phosphorylation and L-serine transport. *J. Bacteriol.*, 149(1):22-8.
1982

STOREY, R.M. Modes of dehydration of frozen fish flesh. En: *Advances in fish science and technology*, p. 498-502, ed. J.J. Connell. Farnham, Surrey, Reino Unido, Fishing News (Books) Ltd.
1980

STOREY, R.M. & MILLS, A. Instrumental techniques applied to the measurement of fish quality. *Process Biochem.*, 11(8):25-32.
1976

STORRØ, I., DYRSET, N. & LARSEN, H. *Bakteriell dekomponering av fisk i bulk. 2. Enumerering og karakterisering av anaerobe ammoniakkproduserende bakterier.* Inst. Technical Biochemistry, NTH, Univ. Trondheim, Noruega.
1975

STORRØ, I., DYRSET, N. & LARSEN, H. *Bakteriell dekomponering av fisk i bulk. 3. Fysiologiske forhold hos de anaerobe aminosyre-dekomponerende bakterier.* Inst. Technical Biochemistry, NTH, Univ. Trondheim, Noruega.
1977

STRØM, A.R. Biosynthesis of trimethylamine oxide in calanoid copepods. Seasonal changes in trimethylamine mono-oxygenase activity. *Mar. Biol.*, 51:33-40.
1979

STRØM, A.R. *Mikrobiologiske og biokemiske forhold ved lagring af fisk.* Conferencias, Univ. Tromsø, Noruega.
1984

STRØM, A.R., OLAFSEN, J.A. & LARSEN, H. Trimethylamine oxide: a terminal electron acceptor in anaerobic respiration of bacteria. *J. Gen. Microbiol.*, 112:315-20.
1979

STROUD, G.D. Rigor in fish: the effect on quality. *Torry Advis. Note, Aberdeen*, (36).
1969

SUMNER, J.L. & GORCZYCA, E. Effect of vacuum-packaging on the shelf-life of fish held either in ice or at 4-6°C. En: *Proc. Int. Inst. Refrigeration Conf.*, p. 365-70. París, IIR.
1981

SUYAMA, M. *et al.* Quality of wild and cultured ayu. 1. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 43(5):535-40.
1977

TARR, H.L.A. Post-mortem changes in glycogen, nucleotides, sugar phosphates and sugars in fish muscles. A review. *J. Food Sci.*, 31:846-54.
1966

TARR, H.L.A. Enzymes and systems of intermediary metabolism. En: *Fish nutrition*, p. 255-325, ed. J.E. Halver. Nueva York, Academic Press.
1972

TOKUNAGA, T. Trimethylamine oxide and its decomposition in the bloody muscle of fish. 1. TMAO, TMA, and DMA contents in ordinary and bloody muscles. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 36(5):502-9.
1970

TOMLINSON, N. & GEIGER, S.E. Brine spray frozen tuna. Sodium, potassium, lactic acid and acid-soluble phosphorus in the muscle, and the influence thereon of thawing and precooking. *J. Fish. Res. Board Can.*, 20(5):1183-7.
1963

TRUCCO, R.E. *et al.* Study on the evolution of rigor mortis in batches of fish. *Lebensm.-*
1982 *Wiss. Technol.*, 15:77-9.

UCHIYAMA, H. Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Kachidoki-3, Chuo-ku,
1983 Tokio. (Comunicación personal)

UCHIYAMA, H. & KAKUDA, K. A simple and rapid method for measuring K value, a fish
1983 freshness index. *Bull. Jap. Sci. Fish.*, 50(2):263-7.

UCHIYAMA, H. *et al.* Partial freezing as a means of keeping freshness of cultured rainbow
1978 trout. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, (95):1-11.

UDA, F. *et al.* Colorimetric method for measuring K value, an index for evaluating fresh-
1983 ness of fish. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, (111):55-62.

VARMA, P.R.G., MATHEN, C. & THOMAS, F. Quality changes and shelf-life of pearl
1983 spot, mullet and tilapia during storage at ambient temperature and in ice. *J. Food Sci. Technol.*, 20:219-22.

VYNCKE, W. Evaluation of the direct thiobarbituric acid extraction method for determi-
1975 ning oxidative rancidity in mackerel (*Scomber scombrus* L.). *Fette, Seifen, Anstrichm.*, 77:239-40.

WATANABE, K.O. Physical characteristics and chemical composition of fresh bream,
1971 mud sucker, tiger fish and barb from Lake Kariba. *Fisheries Research Bull.*, 5:153-173.

WATTS, J.C.D. The chemical composition of West African fish. 2. The West African
1957 shad (*Ethmalosa dorsalis*) from the Sierra Leone river estuary. *Bull. Inst. Fondam. Afr. Noire (A Sci Nat.)*, 19(2):539-47.

WHITTLE, K.J. A vital role for aquatic resources in feeding a hungry world. *Infofish Mar-*
1984 *ket. Dig.*, 5:20-4.

WIERBICKI, E., KUNKLE, L.E. & DEATHERAGE, F.E. Changes in the water-holding
1957 capacity and cationic shifts during the heating and freezing and thawing of meat as revealed by a simple centrifugal method for measuring shrinkage. *Food Technol. Chicago*, 11:69-73.

WIRTH, F. & LEISTNER, L. Redoxpotentiale im Fleischkonserven. *Fleischwirtschaft*,
1970 4:491.

WOJTOWICZ, M.B. & ODENSE, P.H. Comparative study of the muscle catheptic activity
1972 of some marine species. *J. Fish. Res. Board Can.*, 29(1):85-90.

WOYEWODA, A.D., BLIGH, E.G. & SHAW, S.J. Controlled and modified atmosphere
1984 storage of cod fillets. *Can. Inst. Food Sci. Technol. J.*, 17(1):24-7.

Indice de materias

Tipo-lito SAGRAF - Napoli



WHERE TO PURCHASE FAO PUBLICATIONS LOCALLY
POINTS DE VENTE DES PUBLICATIONS DE LA FAO
PUNTOS DE VENTA DE PUBLICACIONES DE LA FAO

● ***ALGÉRIE***
ENAMEP – Entreprise nationale des messageries de presse
47, rue Didouche Mourad, Alger

● ***ANGOLA***
Empresa Nacional do Disco e de Publicações, ENDIPU-U.E.E.
Rua Cirilo de Conceiçao Silva, No. 7, C P No 1314-C Luanda

● ***ARGENTINA***
Librería Agropecuaria S.A.
Pasteur 743, 1028 Buenos Aires

● ***AUSTRALIA***
Hunter Publications
58A Gipps Street, Collingwood, Vic 3066

● ***AUSTRIA***
Gerold & Co.
Graben 31, 1011 Vienna

● ***BAHRAIN***
United Schools International
PO Box 726, Manama

● ***BANGLADESH***
Association of Development Agencies in Bangladesh
1/3 Block F, Lalmatia, Dhaka 1209

● ***BELGIQUE***
M. J. De Lannoy
202, avenue du Roi, 1060 Bruxelles CCP 000-0808993-13

● ***BOLIVIA***
Los Amigos del Libro
Perú 3712, Casilla 450, Cochabamba, Mercado 1315, La Paz

● ***BOTSWANA***
Botsalo Books (Pty) Ltd
PO Box 1532, Gaborone

● ***BRAZIL***
Fundação Getulio Vargas
Praia de Botafogo 190, C P 9052, Rio de Janeiro
Livraria Canuto Ltda
Rua Consolação, 348 - 2º andar, Caixa Postal 19198, São Paulo

● ***BRUNEI DARUSSALAM***
SST Trading Sdn. Bhd.
Bangunan Tekno No 385, Jln 5/59, PO Box 227, Petaling Jaya, Selangor

● ***CANADA***
Renouf Publishing Co. Ltd
1294 Algoma Road, Ottawa, Ont K1B 3W8
Editions Renouf Ltée
route Transcanadienne, Suite 305, St-Laurent (Montréal), Qué
Toll free calls Ontario, Quebec and Maritime – 1-800-267-1805;
Western Provinces and Newfoundland – 1-800-267-1826.
Head Office/Siège social·
1294 Algoma Road, Ottawa, Ont

● ***CHILE***
Librería – Oficina Regional FAO
Avda Santa María 6700, Casilla 10095, Santiago

● ***CHINA***
China National Publications Import Corporation
PO Box 88, Beijing

● ***CONGO***
Office national des librairies populaires
B P 577, Brazzaville.

● ***COSTA RICA***
Librería, Imprenta y Litografía Lehmann S.A.
Apartado 10011, San José.

● ***CUBA***
Ediciones Cubanas, Empresa de Comercio Exterior de Publicaciones
Obispo 461, Apartado 605, La Habana

● ***CYPRUS***
MAM
PO Box 1722, Nicosia

● ***CZECHOSLOVAKIA***
ARTIA
Ve Smeckach 30, PO Box 790, 111 27 Prague 1

● ***DENMARK***
Munksgaard Export and Subscription Service
35 Nørre Søgade, DK 1370 Copenhagen K

● ***ECUADOR***
Libri Mundi, Librería Internacional
Juan León Mera 851, Apartado Postal 3029, Quito
Su Librería Cía. Ltda.
Garcia Moreno 1172 y Mejia, Apartado Postal 2556, Quito

● ***EL SALVADOR***
Librería Cultural Salvadoreña, S.A. de C.V.
7ª Avenida Norte 121, Apartado Postal 2296, San Salvador

● ***ESPAÑA***
Mundi-Prensa Libros S.A
Castelló 37, 28001 Madrid
Librería Agrícola
Fernando VI 2, 28004 Madrid

● ***FINLAND***
Akateeminen Kirjakauppa
PO Box 128, 00101 Helsinki 10.

● ***FRANCE***
Editions A. Pedone
13, rue Soufflot, 75005 Paris

● ***GERMANY, FED. REP.***
Alexander Horn Internationale Buchhandlung
Kirchgasse 39, Postfach 3340, 6200 Wiesbaden
UNO Verlag
Poppelsdorfer Allee 55, D-5300 Bonn 1
Triops Verlag
Raiffeisenstr 24, 6080 Langen

● ***GHANA***
Ghana Publishing Corporation
PO Box 4348, Accra

● ***GREECE***
G.C. Eleftheroudakis S.A.
4 Nikis Street, Athens (T-126).
John Mihalopoulos & Son S.A.
75 Hermou Street, PO Box 73, Thessaloniki

● ***GUATEMALA***
Distribuciones Culturales y Técnicas "Artemis"
5ª Avenida 12-11, Zona 1, Apartado Postal 2923, Guatemala.

● ***GUINEA-BISSAU***
Conselho Nacional da Cultura
Avenida da Unidade Africana, C.P. 294, Bissau.

● ***GUYANA***
Guyana National Trading Corporation Ltd
45-47 Water Street, PO Box 308, Georgetown

● ***HAÏTI***
Librairie "A la Caravelle"
26, rue Bonne Foi, B.P. 111, Port-au-Prince

● ***HONDURAS***
Escuela Agrícola Panamericana, Librería RTAC
Zamorano, Apartado 93, Tegucigalpa
Oficina de la Escuela Agrícola Panamericana en Tegucigalpa
Blvd. Morazán, Apts Glapson, Apartado 93, Tegucigalpa.

● ***HONG KONG***
Swindon Book Co.
13-15 Lock Road, Kowloon.

● ***HUNGARY***
Kultura
PO Box 149, 1389 Budapest 62.

● ***ICELAND***
Snaebjörn Jónsson and Co. h.f.
Hafnarstraeti 9, PO Box 1131, 101 Reykjavik.

● ***INDIA***
Oxford Book and Stationery Co.
Scindia House, New Delhi 100 001;
17 Park Street, Calcutta 700 016
Oxford Subscription Agency, Institute for Development Education
1 Anasuya Ave, Kilpauk, Madras 600010

● ***INDONESIA***
P.T. Inti Buku Agung
13 Kwitang, Jakarta.

● ***IRAQ***
National House for Publishing, Distributing and Advertising
Jamhuria Street, Baghdad

● ***IRELAND***
Agency Section, Publications Branch
Stationery Office, Bishop Street, Dublin 8.

NO; 113H2 132+15+



WHERE TO PURCHASE FAO PUBLICATIONS LOCALLY
POINTS DE VENTE DES PUBLICATIONS DE LA FAO
PUNTOS DE VENTA DE PUBLICACIONES DE LA FAO

● *ITALY*
FAO (see last column)
Libreria Scientifica
Dott. Lucio de Biasio "Aeiou"
Via Meravigli 16, 20123 Milan
Libreria Commissionaria
Sansoni S.p.A. "Licosa"
Via Lamarmora 45,
C.P. 552, 50121 Florence
Libreria Internazionale Rizzoli
Galleria Colonna, Largo Chigi,
00187 Rome

● *JAPAN*
Maruzen Company Ltd
PO Box 5050,
Tokyo International 100-31

● *KENYA*
Text Book Centre Ltd
Kijabe Street, PO Box 47540, Nairobi

● *KOREA, REP. OF*
Eulyoo Publishing Co. Ltd
46-1 Susong-Dong, Jongro-Gu,
PO Box 362, Kwangwha-Mun,
Seoul 110

● *KUWAIT*
The Kuwait Bookshops Co. Ltd
PO Box 2942, Safat

● *LUXEMBOURG*
M. J. De Lannoy
202, avenue du Roi,
1060 Bruxelles (Belgique)

● *MALAYSIA*
SST Trading Sdn. Bhd.
Bangunan Tekno No. 385, Jln 5/59,
PO Box 227, Petaling Jaya, Selangor

● *MAROC*
Librairie "Aux Belles Images"
281, avenue Mohammed V, Rabat

● *MAURITIUS*
Nalanda Company Limited
30 Bourbon Street, Port-Louis

● *NETHERLANDS*
Keesing b.v.
Hogehweg 13, 1101 CB Amsterdam
Postbus 1118, 1000 BC Amsterdam

● *NEW ZEALAND*
Government Printing Office
Bookshops
25 Rutland Street
Mail orders, 85 Beach Road,
Private Bag, CPO, Auckland;
Ward Street, Hamilton;
Mulgrave Street (Head Office),
Cubacade World Trade Centre,
Wellington,
159 Hereford Street, Christchurch,
Princes Street, Dunedin

● *NICARAGUA*
Librería Universitaria,
Universidad Centroamericana
Apartado 69, Managua.

● *NIGERIA*
University Bookshop (Nigeria) Limited
University of Ibadan, Ibadan.

● *NORWAY*
[illegible]

● *PAKISTAN*
Mirza Book Agency
65 Shahrah-e-Quaid-e-Azam,
PO Box 729, Lahore 3.
Sasi Book Store
Zaibunnisa Street, Karachi

● *PARAGUAY*
Agencia de Librerías Nizza S.A.
Casilla 2596, Eligio Ayala 1073,
Asunción

● *PERU*
Librería Distribuidora "Santa Rosa"
Jirón Apurimac 375, Casilla 4937,
Lima 1

● *POLAND*
Ars Polona
Krakowskie Przedmiescie 7,
00-068 Warsaw

● *PORTUGAL*
Livraria Portugal,
Dias y Andrade Ltda.
Rua do Carmo 70-74, Apartado 2681,
1117 Lisbonne Codex

● *REPUBLICA DOMINICANA*
Editora Taller, C. por A.
Isabel la Católica 309,
Apartado de Correos 2190,
Z1 Santo Domingo
Fundación Dominicana de Desarrollo
Casa de las Gárgolas,
Mercedes 4, Apartado 857,
Z1 Santo Domingo.

● *ROMANIA*
Ilexim
Calea Grivitei No 64066, Bucharest

● *SAUDI ARABIA*
The Modern Commercial
University Bookshop
PO Box 394, Riyadh

● *SINGAPORE*
MPH Distributors (S) Pte. Ltd
71/77 Stamford Road, Singapore 6
Select Books Pte. Ltd
215 Tanglin Shopping Centre,
19 Tanglin Rd., Singapore 1024

● *SOMALIA*
"Samater's"
PO Box 936, Mogadishu.

● *SRI LANKA*
M.D. Gunasena & Co. Ltd
217 Olcott Mawatha,
PO Box 246, Colombo 11

● *SUDAN*
University Bookshop,
University of Khartoum
PO Box 321, Khartoum.

● *SUISSE*
Librairie Payot S.A.
107 Freiestrasse, 4000 Basel 10
6, rue Grenus, 1200 Genève.
Case Postale 3212, 1002 Lausanne.
Buchhandlung und Antiquariat
Heinimann & Co.
Kirchgasse 17, 8001 Zurich

● *SURINAME*
VACO n.v. in Suriname

● *SWEDEN*
Books and documents
C.E. Fritzes Kungl. Hovbokhandel,
Regeringsgatan 12,
PO Box 16356, 103 27 Stockholm
Subscriptions
Vennergren-Williams AB
PO Box 30004, 104 25 Stockholm

● *TANZANIA*
Dar-es-Salaam Bookshop
PO Box 9030, Dar-es-Salaam
Bookshop, University
of Dar-es-Salaam
PO Box 893, Morogoro

● *THAILAND*
Suksapan Panit
Mansion 9, Rajadamnern Avenue,
Bangkok

● *TOGO*
Librairie du Bon Pasteur
B.P. 1164, Lomé

● *TUNISIE*
Société tunisienne de diffusion
5, avenue de Carthage, Tunis

● *TURKEY*
Kultur Yayinlari Is-Turk Ltd Sti.
Ataturk Bulvari No 191,
Kat 21, Ankara
Bookshops in Istanbul and Izmir

● *UNITED KINGDOM*
Her Majesty's Stationery Office
49 High Holborn,
London WC1V 6HB (callers only)
HMSO Publications Centre,
Agency Section
51 Nine Elms Lane,
London SW8 5DR (trade and London area mail orders),
13a Castle Street,
Edinburgh EH2 3AR,
80 Chichester Street,
Belfast BT1 4JY,
Brazennose Street,
Manchester M60 8AS,
258 Broad Street,
Birmingham B1 2HE;
Southey House, Wine Street,
Bristol BS1 2BQ

● *UNITED STATES OF AMERICA*
UNIPUB
4611/F, Assembly Drive,
Lanham, MD 20706

● *URUGUAY*
Librería Agropecuaria S.R.L.
Alzaibar 1328, Casilla Correo 1755,
Montevideo.

● *YUGOSLAVIA*
Jugoslovenska Knjiga, Trg.
Republike 5/8,
PO Box 36, 11001 Belgrade
Cankarjeva Zalozba
PO Box 201-IV, 61001 Ljubljana.
Prosveta
Terazije 16, Belgrade.

● *ZAMBIA*
Kingstons (Zambia) Ltd

Other Countries
Autres Pays
Otros Países

Distribution and Sales Section, FAO
Via delle Terme di Caracalla,
00100 Rome, Italy